Les aventures d'ANSELME LANTURLU

परमाणु ऊर्जा

जीन-पियरे पेटिट

हिंदी : अरविन्द गुप्ता



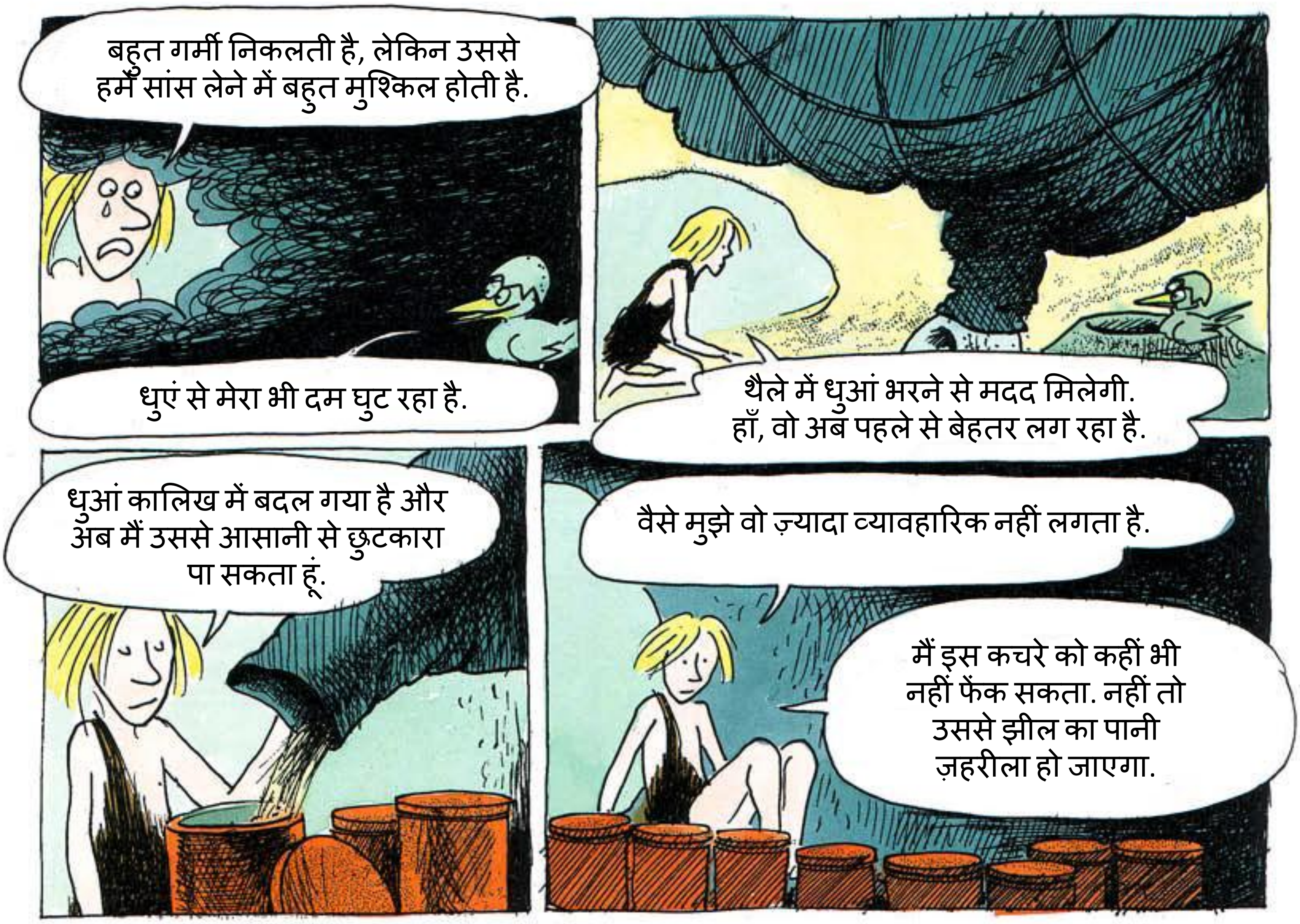

प्रस्तावना
बहुत पुराने ज़माने की बात है जब दुनिया में लोग आग के बारे में नहीं जानते थे. वे सूरज की गर्मी से ही अपना भोजन पकाते थे.
अच्छा होता कि अगर हम किसी और तरीके से अपना खाना पका पाते ...
सर्दी के दिनों में रात के समय लोग अपनी गुफाओं में बड़े-बड़े गर्म पत्थर ले जाते थे. पत्थर, सूरज की संग्रहित ऊष्मा से गुफा को गर्म रखते थे.
... थकान ...
तुम सो रही हो?
नहीं, अब पत्थर ठंडे हो गए हैं.
बहुत ठंड ...
सर्दी में तो और बुरा हाल होगा. आधे लोगों को तो पहले ही ज़ुखाम हो चुका है.
तुम क्या कर रहे हो?
मैं ऊर्जा को इकठ्ठा करने का कोई रास्ता खोज रहा हूँ.
पत्थर
गुफा
ट्रे
वजन
हर रात भारी-भारी पत्थरों को गुफा में बाहर से लाने ने मुझे थका दिया है.


मैंने एक ऐसी प्रणाली का आविष्कार किया है जो हर रात गुफा में गर्म पत्थरों से भरी एक ट्रे खींच सकेगी.
दिन के समय में मैं एक "जुगाड़" से भार को वापिस उठा सकूंगा.
अच्छा तो तुम "स्थितिज-ऊर्जा" को संग्रहित कर रहे हो.
उससे ज़रूर मदद मिलेगी, लेकिन हम हमेशा ही क्यों इस तरह से मेहनत-मशक्कत करें?
अब तुम क्या कर रहे हो, आर्ची?
मैं इस ऊर्जा संग्रह के तरीके को बेहतर बना रहा हूँ.
हम वहां हैं!
क्या तुमने उस बक्से में ऊर्जा इकट्ठी की है?
??
मैंने जो सिस्टम डिज़ाइन किया है वो सिर्फ आंतरिक ऊर्जा का भंडारण करता है.
??
मैं इस ऊर्जा को इधर-उधर ले जा सकता हूं और उसे फिर से उपयोग कर सकता हूं.
!

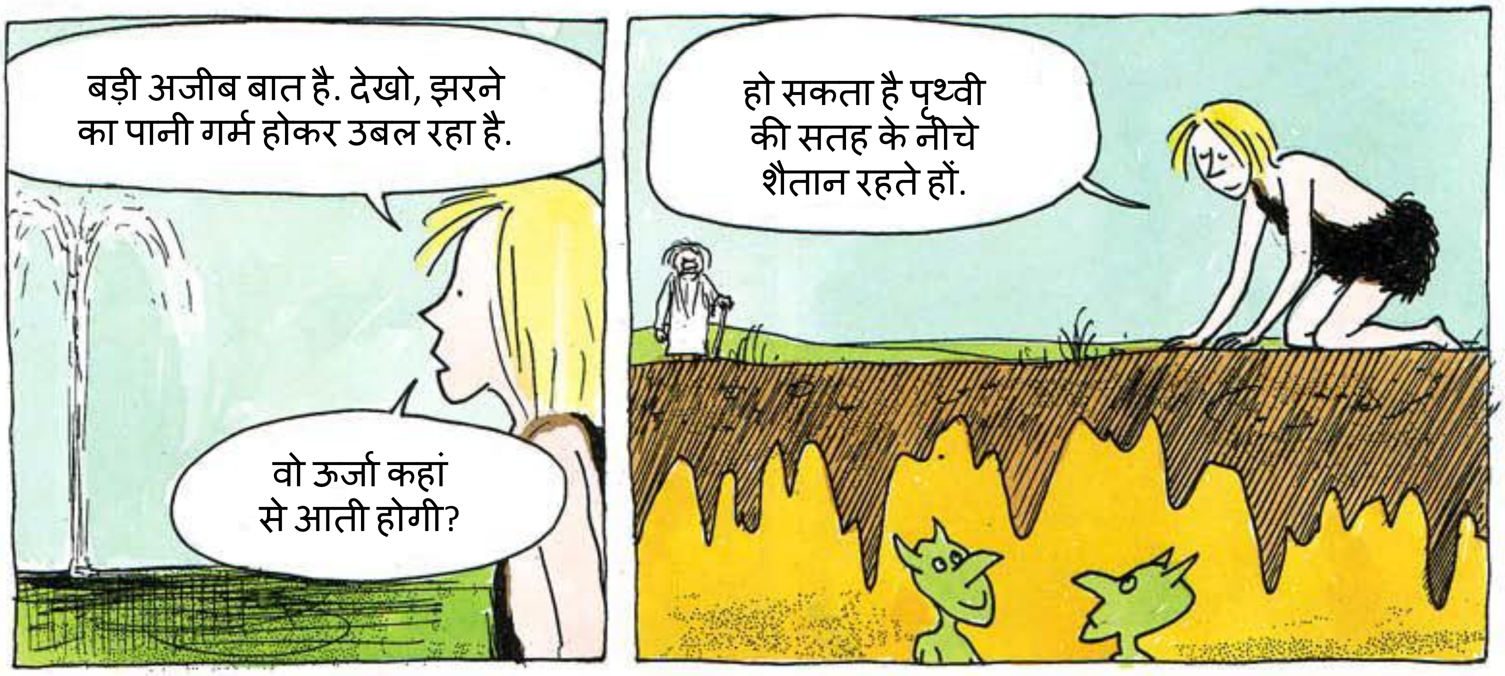


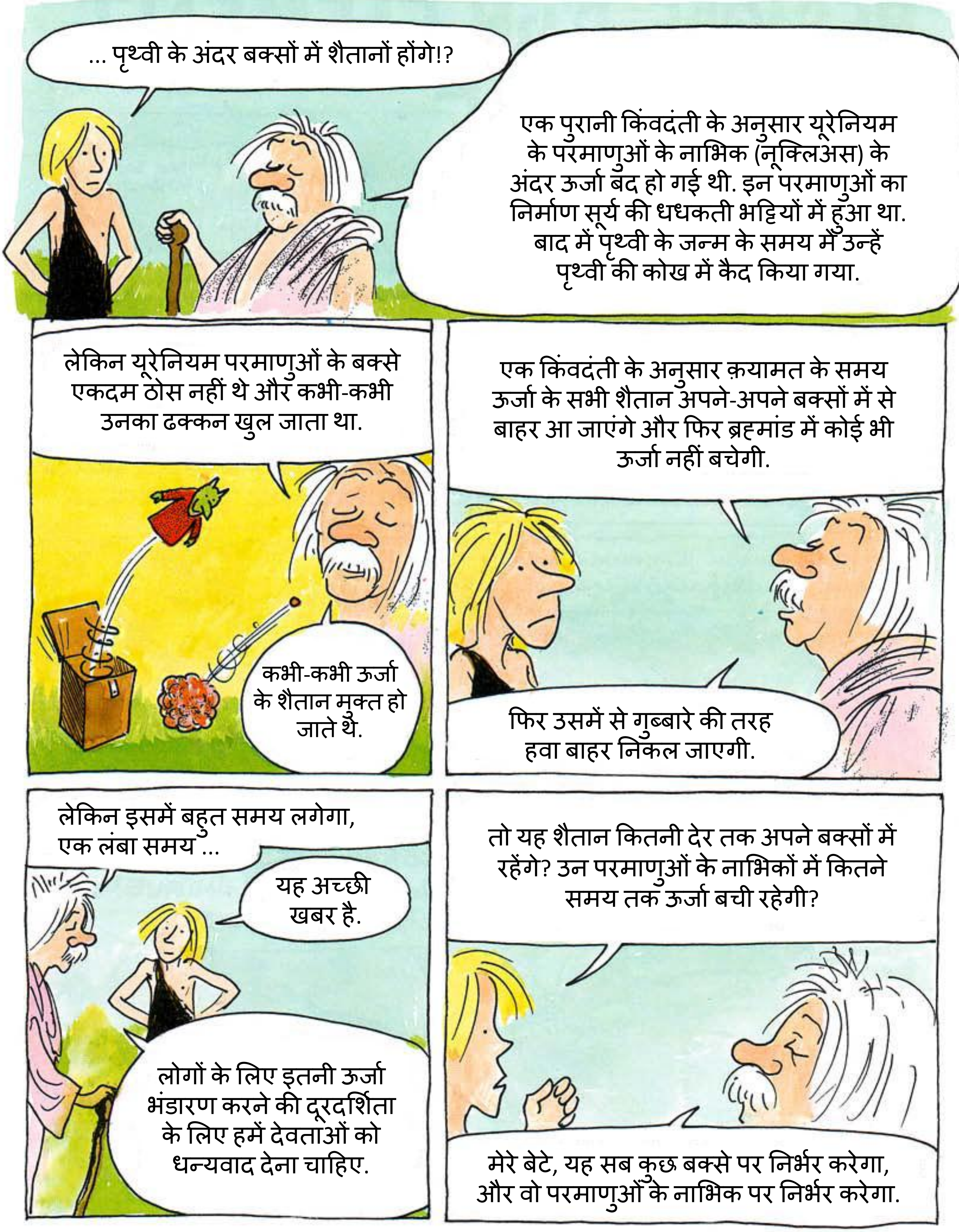
सोफी! वो तो सिर्फ आंतरिक ऊर्जा का भंडारण था!
रासायनिक ऊर्जा
मैं गुफा को साफ करने जा रहा हूं. ज़रा देखो रासायन, गंधक, गंदगी आदि को ...
और लकड़ी का कोयला भी जिसे तूफ़ान में जंगल की आग ने बनाया था.
अगर मैंने सफाई नहीं की तो सोफी मुझे मार डालेगी!
... चलो बस अब एक आखिरी पत्थर बचा है.
धमाका!!


सोफी! मुझे कुछ नया मिला है. इस काले पाउडर में ऊर्जा है. मैंने अभी-अभी उसका आविष्कार किया है.
हम उसका इस्तेमाल भोजन पकाने और खुद को गर्म रखने में कर पाएंगे!
तुम देखना ...
ठीक है, लेकिन अगर तुम मेरी राय चाहते हो, तो उसे उपयोग करना बहुत आसान नहीं होगा.
क्या मैं उसे भूल जाऊं?
अगर हम उस पाउडर में रेत मिलाएं तो फिर क्या होगा?
वो काम करता है!!! रेत, मिश्रण को शांत करता है और फिर उसमें से ऊर्जा काफी धीरे-धीरे मुक्त होती है!
ऊष्मा की रिहाई को नियंत्रित किया जा सकता है.
इस बार कड़ाके की सर्दी में हम ठंड से बचेंगे.


बहुत गर्मी निकलती है, लेकिन उससे हमें सांस लेने में बहुत मुश्किल होती है.
धुएं से मेरा भी दम घुट रहा है.
थैले में धुआं भरने से मदद मिलेगी. हाँ, वो अब पहले से बेहतर लग रहा है.
धुआं कालिख में बदल गया है और अब मैं उससे आसानी से छुटकारा पा सकता हूं.
वैसे मुझे वो ज़्यादा व्यावहारिक नहीं लगता है.
मैं इस कचरे को कहीं भी नहीं फेंक सकता. नहीं तो उससे झील का पानी ज़हरीला हो जाएगा.

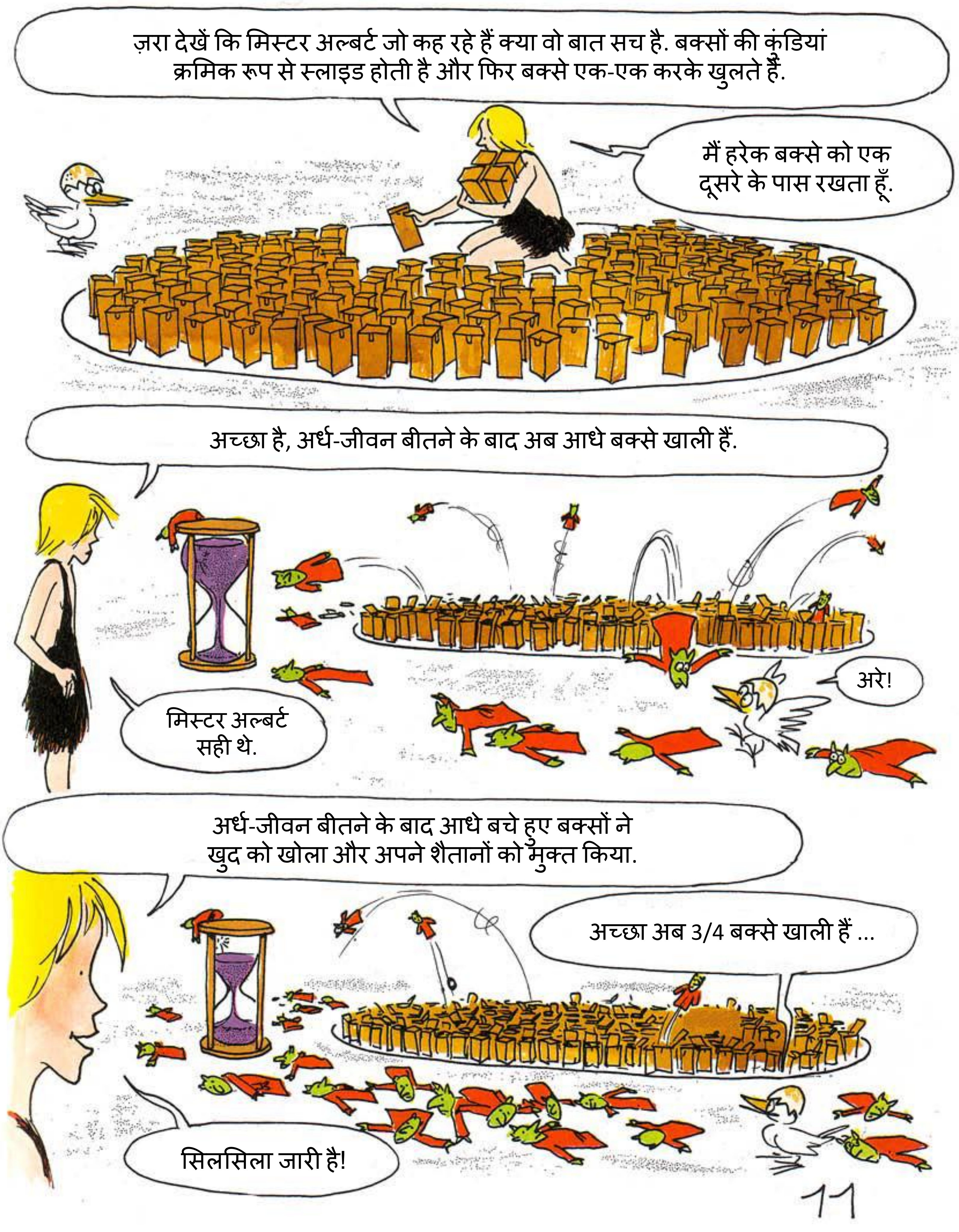
परमाणु ऊर्जा


बड़ी अजीब बात है. देखो, झरने का पानी गर्म होकर उबल रहा है.
वो ऊर्जा कहां से आती होगी?
हो सकता है पृथ्वी की सतह के नीचे शैतान रहते हों.


... पृथ्वी के अंदर बक्सों में शैतानों होंगे!?
एक पुरानी किंवदंती के अनुसार यूरेनियम के परमाणुओं के नाभिक (न्यूक्लिअस) के अंदर ऊर्जा बंद हो गई थी. इन परमाणुओं का निर्माण सूर्य की धधकती भट्टियों में हुआ था. बाद में पृथ्वी के जन्म के समय में उन्हें पृथ्वी की कोख में कैद किया गया.
लेकिन यूरेनियम परमाणुओं के बक्से एकदम ठोस नहीं थे और कभी-कभी उनका ढक्कन खुल जाता था.
कभी-कभी ऊर्जा के शैतान मुक्त हो जाते थे.
एक किंवदंती के अनुसार क़यामत के समय ऊर्जा के सभी शैतान अपने-अपने बक्सों में से बाहर आ जाएंगे और फिर ब्रह्मांड में कोई भी ऊर्जा नहीं बचेगी.
फिर उसमें से गुब्बारे की तरह हवा बाहर निकल जाएगी.
लेकिन इसमें बहुत समय लगेगा, एक लंबा समय ...
यह अच्छी खबर है.
लोगों के लिए इतनी ऊर्जा भंडारण करने की दूरदर्शिता के लिए हमें देवताओं को धन्यवाद देना चाहिए.
तो यह शैतान कितनी देर तक अपने बक्सों में रहेंगे? उन परमाणुओं के नाभिकों में कितने समय तक ऊर्जा बची रहेगी?
मेरे बेटे, यह सब कुछ बक्से पर निर्भर करेगा, और वो परमाणुओं के नाभिक पर निर्भर करेगा.

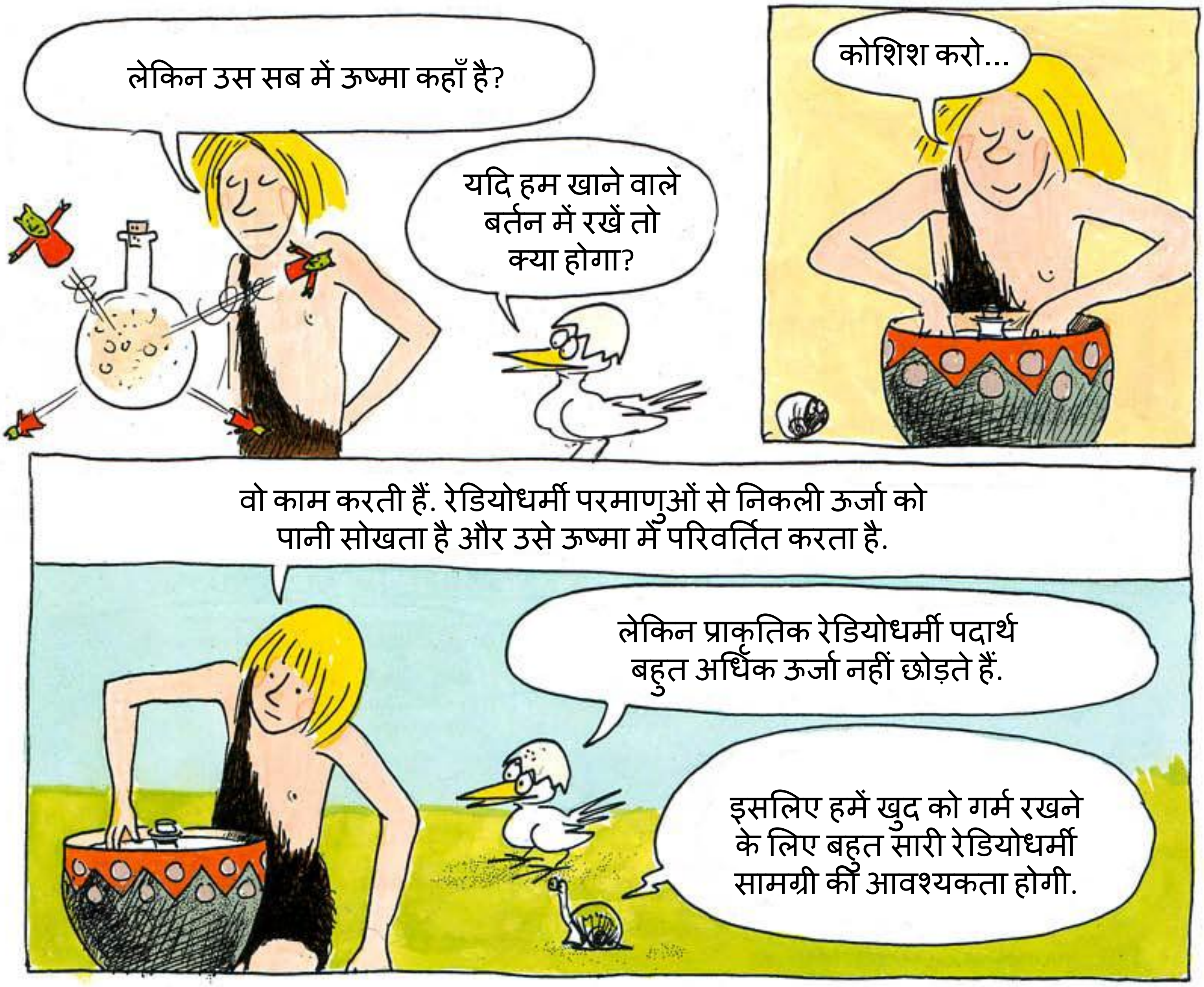
तत्वों के रेडियोधर्मी पीरियड



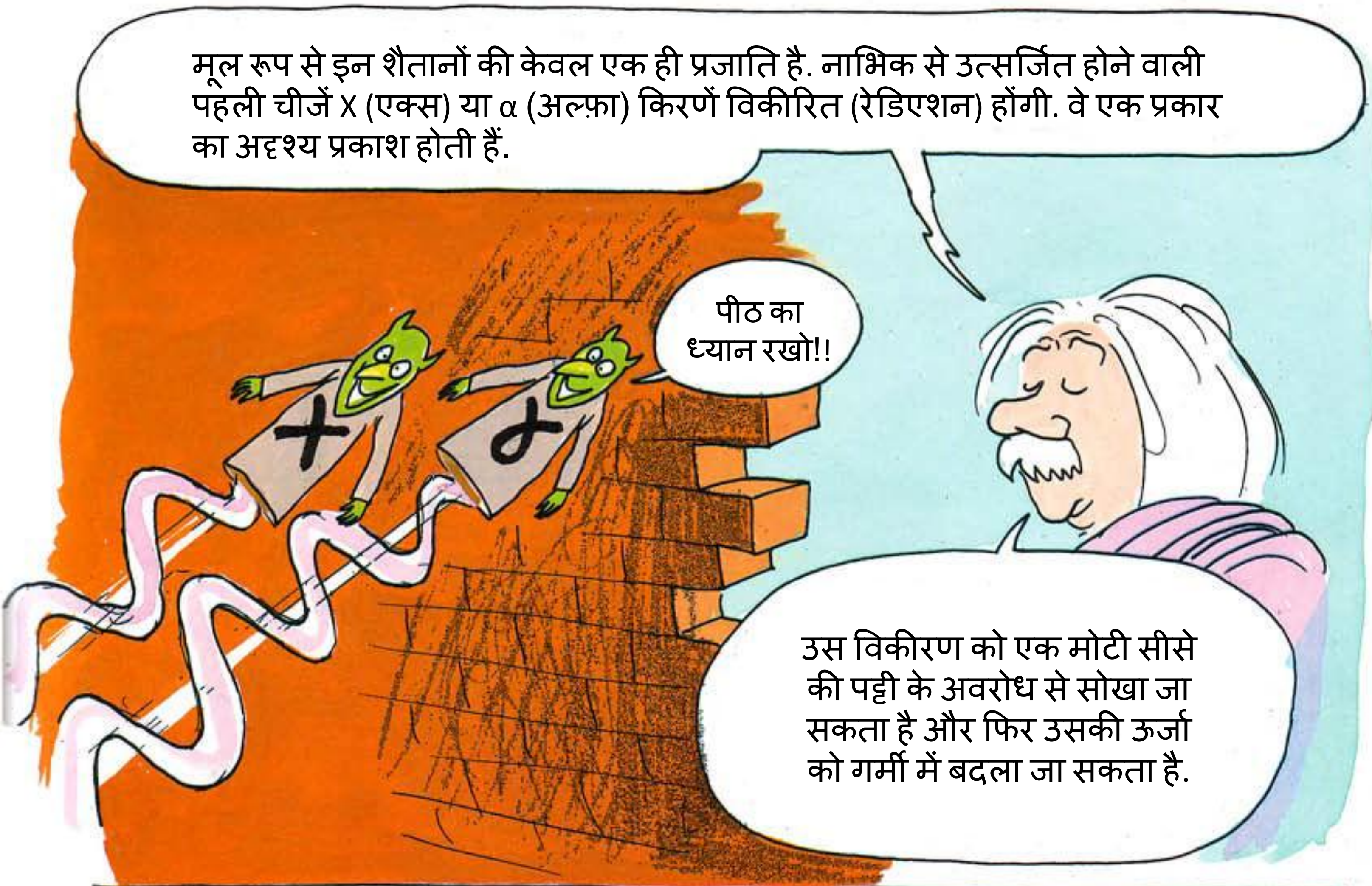

ज़रा देखें कि मिस्टर अल्बर्ट जो कह रहे हैं क्या वो बात सच है. बक्सों की कुंडियां क्रमिक रूप से स्लाइड होती है और फिर बक्से एक-एक करके खुलते हैं.
मैं हरेक बक्से को एक दूसरे के पास रखता हूँ.
अच्छा है, अर्ध-जीवन बीतने के बाद अब आधे बक्से खाली हैं.
मिस्टर अल्बर्ट सही थे.
अरे!
अर्ध-जीवन बीतने के बाद आधे बचे हुए बक्सों ने खुद को खोला और अपने शैतानों को मुक्त किया.
अच्छा अब 3/4 बक्से खाली हैं ...
सिलसिला जारी है!

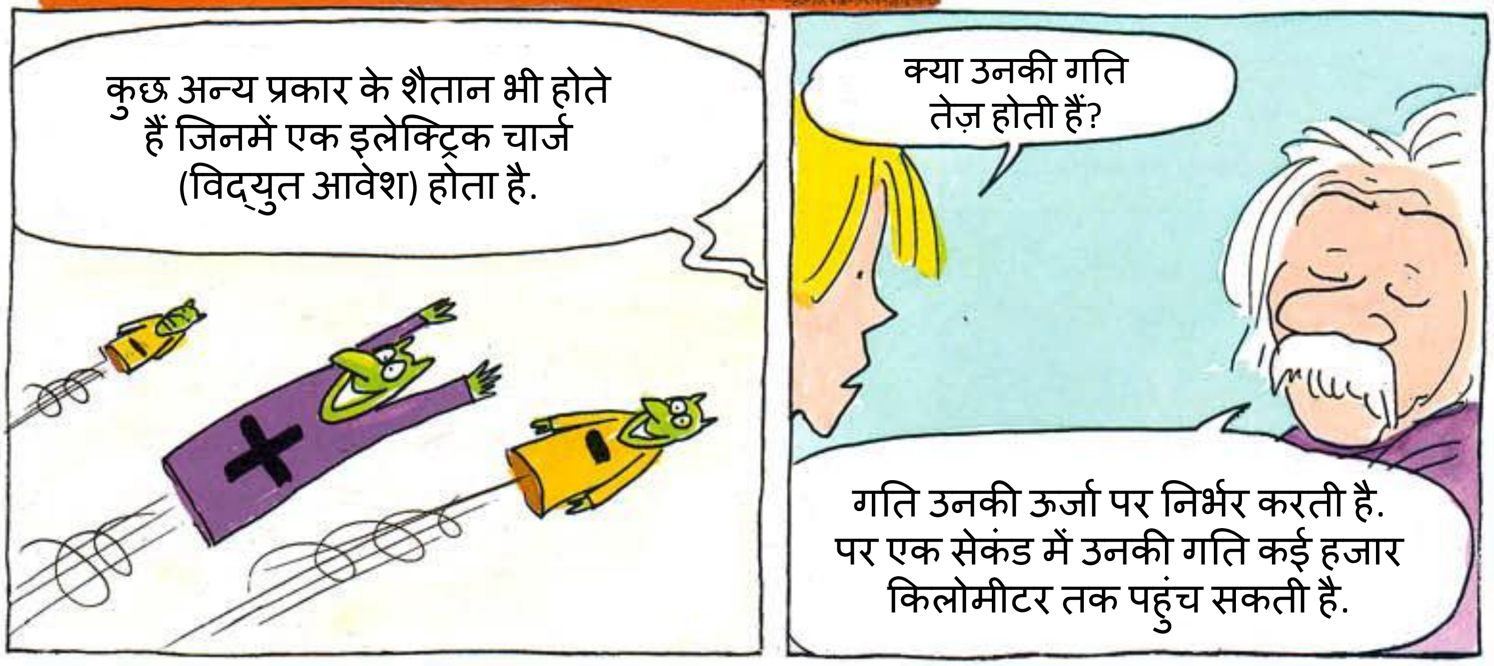

तो इसका मतलब है कि समय बीतने के साथ यह प्रक्रिया धीमी हो जाएगी,
और बक्से खुलने की गति कम हो जाएगी.
शुरुआत में पृथ्वी बहुत अधिक रेडियोधर्मी रही होगी.
धीरे-धीरे वो शांत हुई होगी.

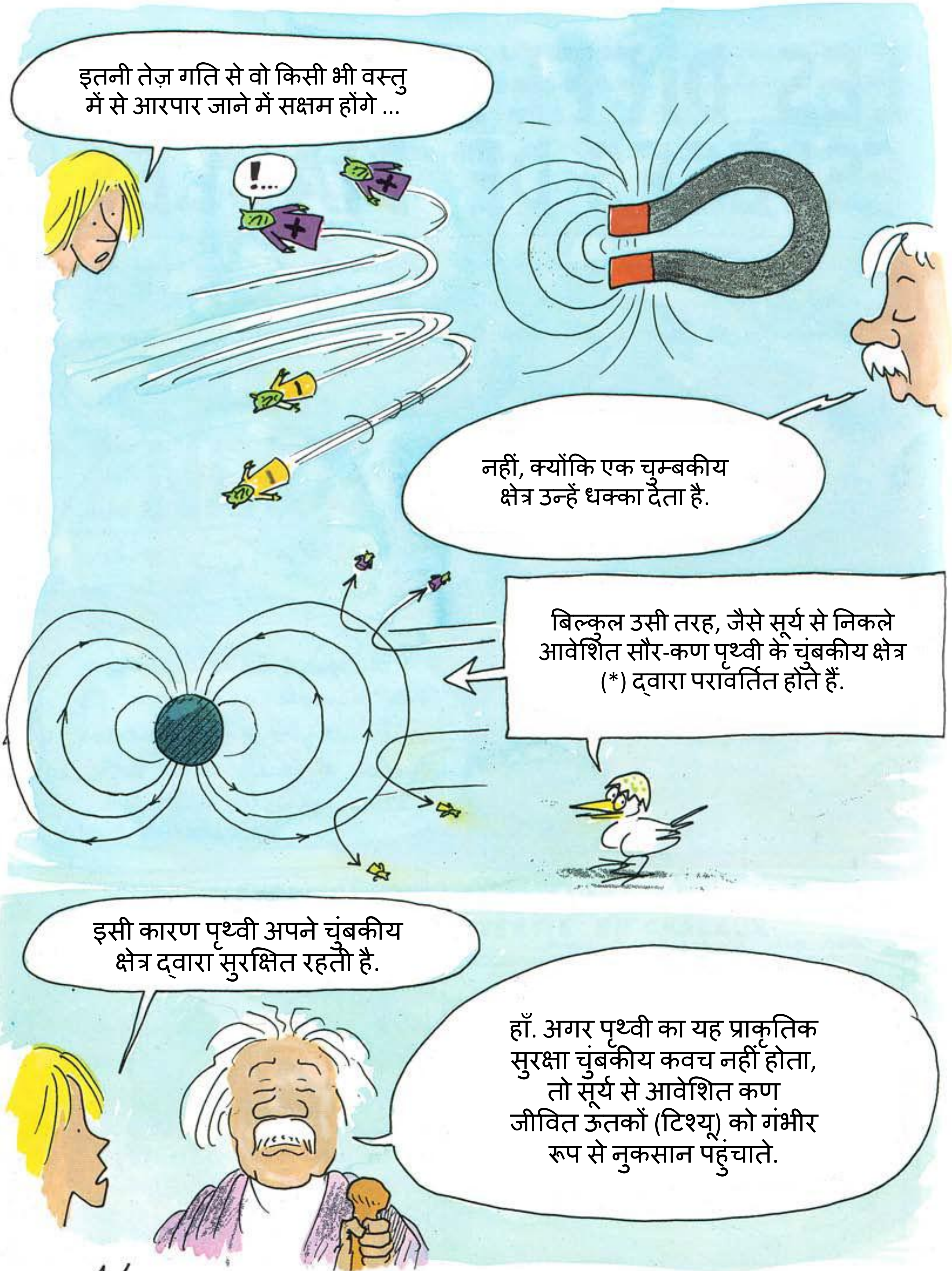
ऊर्जा का रूपांतरण


लेकिन उस सब में ऊष्मा कहाँ है?
यदि हम खाने वाले बर्तन में रखें तो क्या होगा?
कोशिश करो...
वो काम करती हैं. रेडियोधर्मी परमाणुओं से निकली ऊर्जा को पानी सोखता है और उसे ऊष्मा में परिवर्तित करता है.
लेकिन प्राकृतिक रेडियोधर्मी पदार्थ बहुत अधिक ऊर्जा नहीं छोड़ते हैं.
इसलिए हमें खुद को गर्म रखने के लिए बहुत सारी रेडियोधर्मी सामग्री की आवश्यकता होगी.

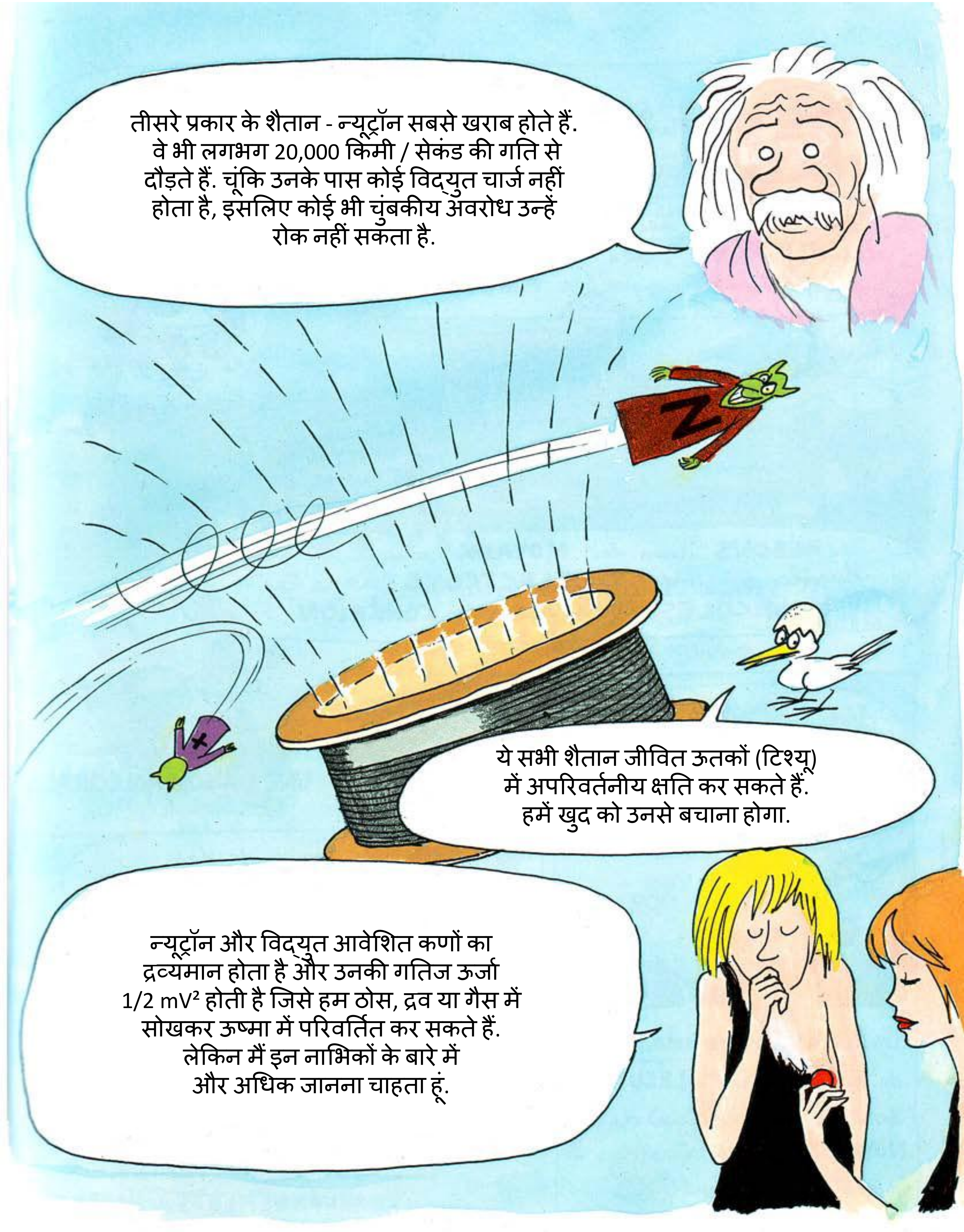
शैतानों की अलग-अलग प्रजातियां







 (*) पृथ्वी के भौगोलिक और चुंबकीय ध्रुव विपरीत स्थितियों पर हैं.


तीसरे प्रकार के शैतान - न्यूट्रॉन सबसे खराब होते हैं. वे भी लगभग 20,000 किमी / सेकंड की गति से दौड़ते हैं. चूंकि उनके पास कोई विद्युत चार्ज नहीं होता है, इसलिए कोई भी चुंबकीय अवरोध उन्हें रोक नहीं सकता है.
ये सभी शैतान जीवित ऊतकों (टिश्यू) में अपरिवर्तनीय क्षति कर सकते हैं. हमें खुद को उनसे बचाना होगा.
न्यूट्रॉन और विद्युत आवेशित कणों का द्रव्यमान होता है और उनकी गतिज ऊर्जा 1/2 mV² होती है जिसे हम ठोस, द्रव या गैस में सोखकर ऊष्मा में परिवर्तित कर सकते हैं. लेकिन मैं इन नाभिकों के बारे में और अधिक जानना चाहता हूं.

नाभिक स्थिरता

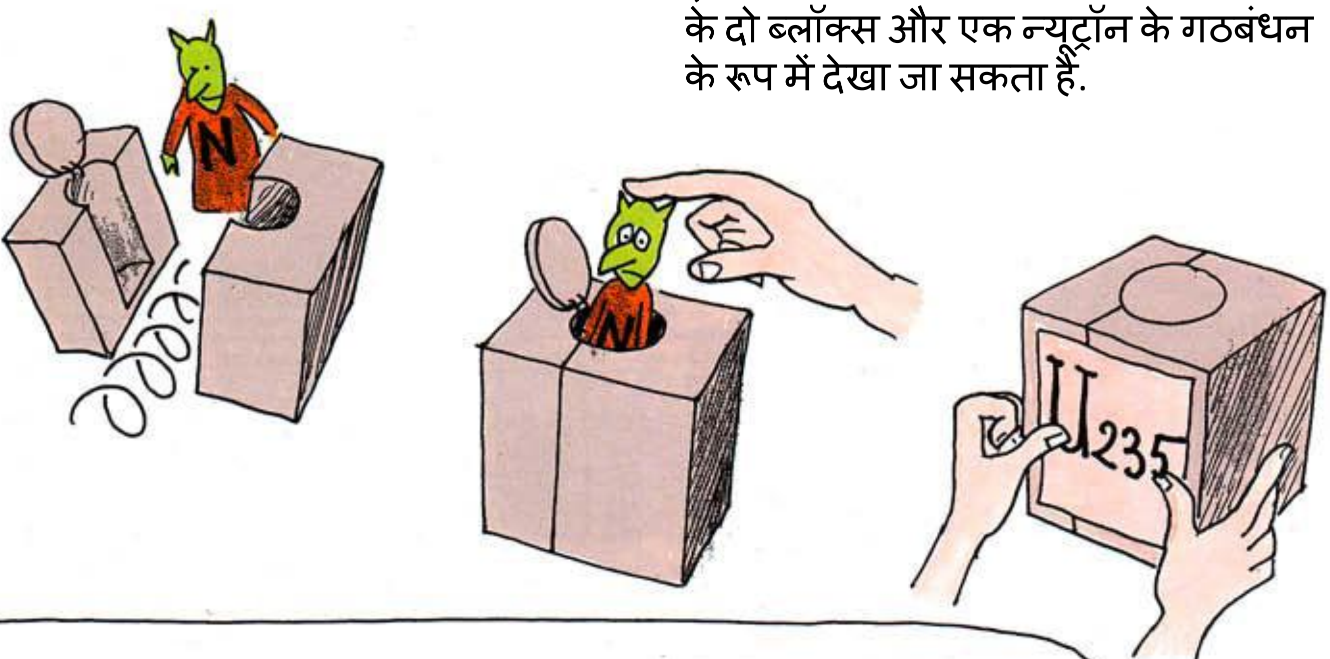

नाभिक बनाने के लिए आपको न्यूट्रॉन्स, प्रोटॉन्स और मेसोन्स नामक कणों की आवश्यकता होगी.
न्यूक्लियस
यूरेनियम-235
92-प्रोटॉन्स
143-न्यूट्रॉन्स
= 235-न्यूक्लॉन
प्लूटोनियम-239
94-प्रोटॉन्स
145-न्यूट्रॉन्स
= 239-न्यूक्लॉन
मेसोन्स
नाभिक में मेसोन्स, परमाणुओं में इलेक्ट्रॉनों की तरह ही कार्य करते हैं: वे एकजुटता (कोहीज़न) सुनिश्चित करते हैं.
तो नाभिक, परमाणु ही हैं?
हीलियम
(नाभिक)
अमोनिया
(परमाणु)
इलेक्ट्रॉन, परमाणु से संपर्क सुनिश्चित करते हैं.
नाभिक, न्यूक्लॉन का ही एक गठबंधन होते है. परमाणु, नाभिकों का एक गठबंधन होते है. वास्तव में, वे परमाणुओं के गठबंधन होते है.
रासायन-शास्त्र परमाणुओं की पुनर्रचना की व्याख्या करता है.
परमाणु
ऑक्सिन + हाइड्रोजेन
जल
नुक्लीअर फिजिक्स (परमाणु भौतिकी) नाभिकों के पुनर्गठन का अध्ययन करता है.

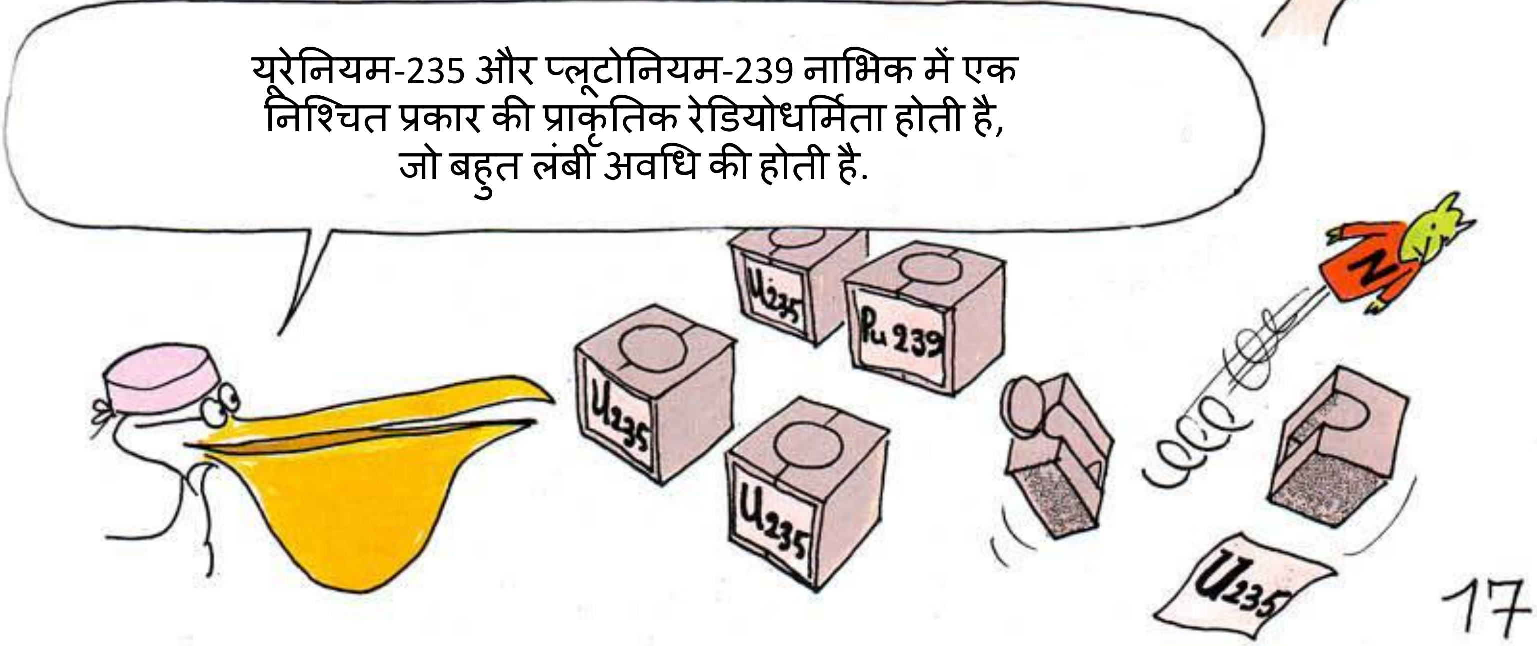


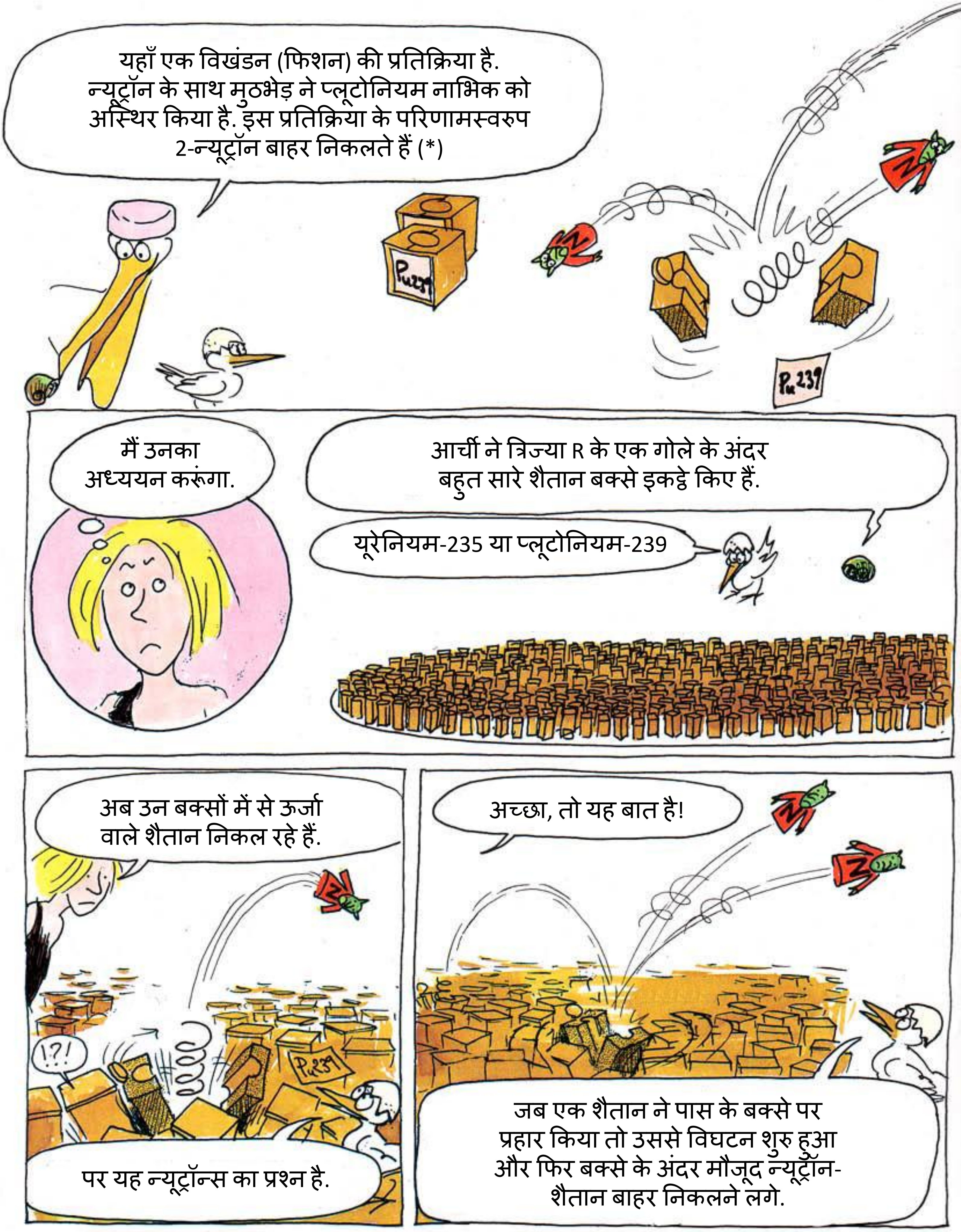


विखंडन (फिशन)

इन नाभिकों को अलग-अलग द्रव्यमान के दो ब्लॉक्स और एक न्यूट्रॉन के गठबंधन के रूप में देखा जा सकता है.

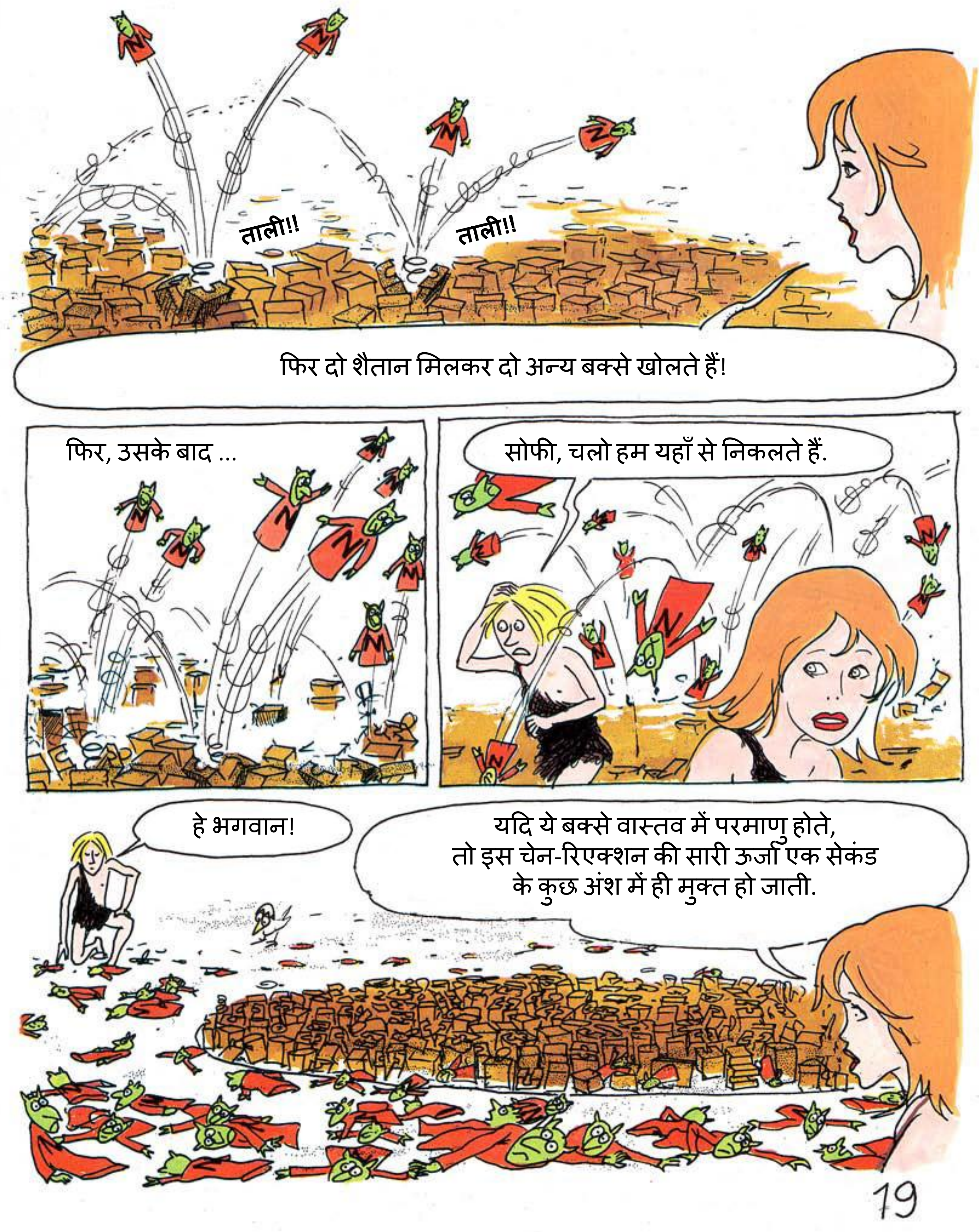






* यह एक योजनाबद्ध छवि है. वास्तव में मारक न्यूट्रॉन पहले फ्यूज नाभिक द्वारा अवशोषित किया जाता है (उससे U-235, U-236 बन जाता है और P-239, P-240 बन जाता है). ये नए पदार्थ बहुत अस्थिर होते हैं और वे तुरंत विखंडित हो जाते हैं.

चेन रिएक्शन (प्रतिक्रिया)





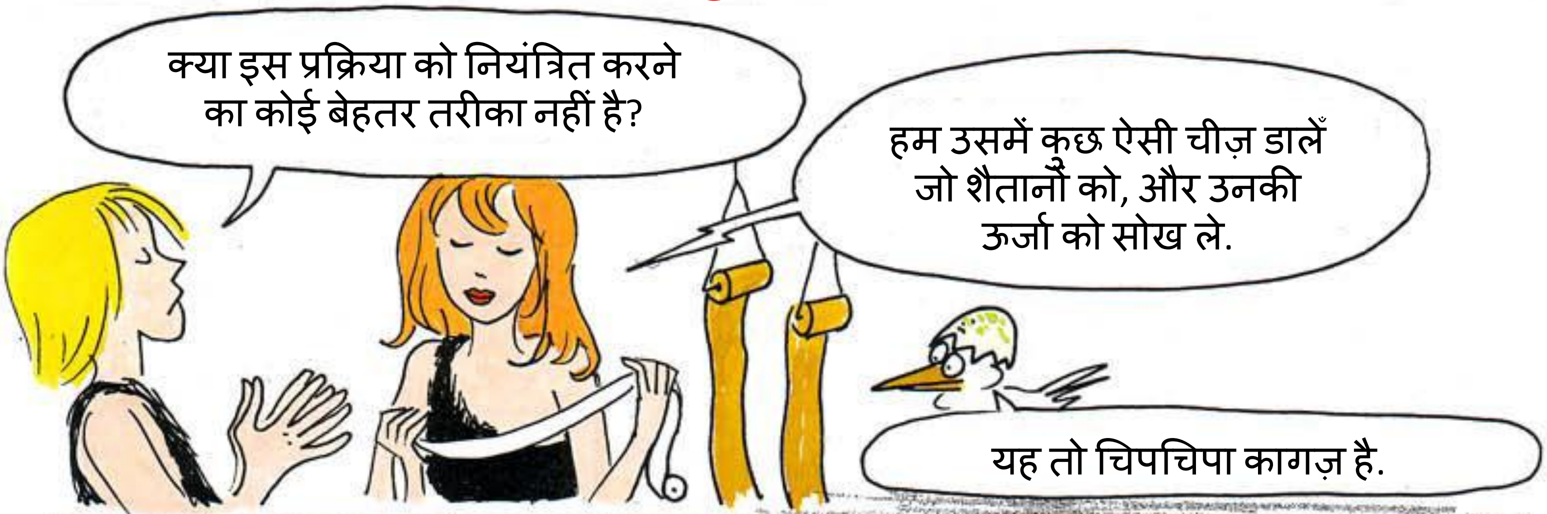
विशिष्ट स्थितियां

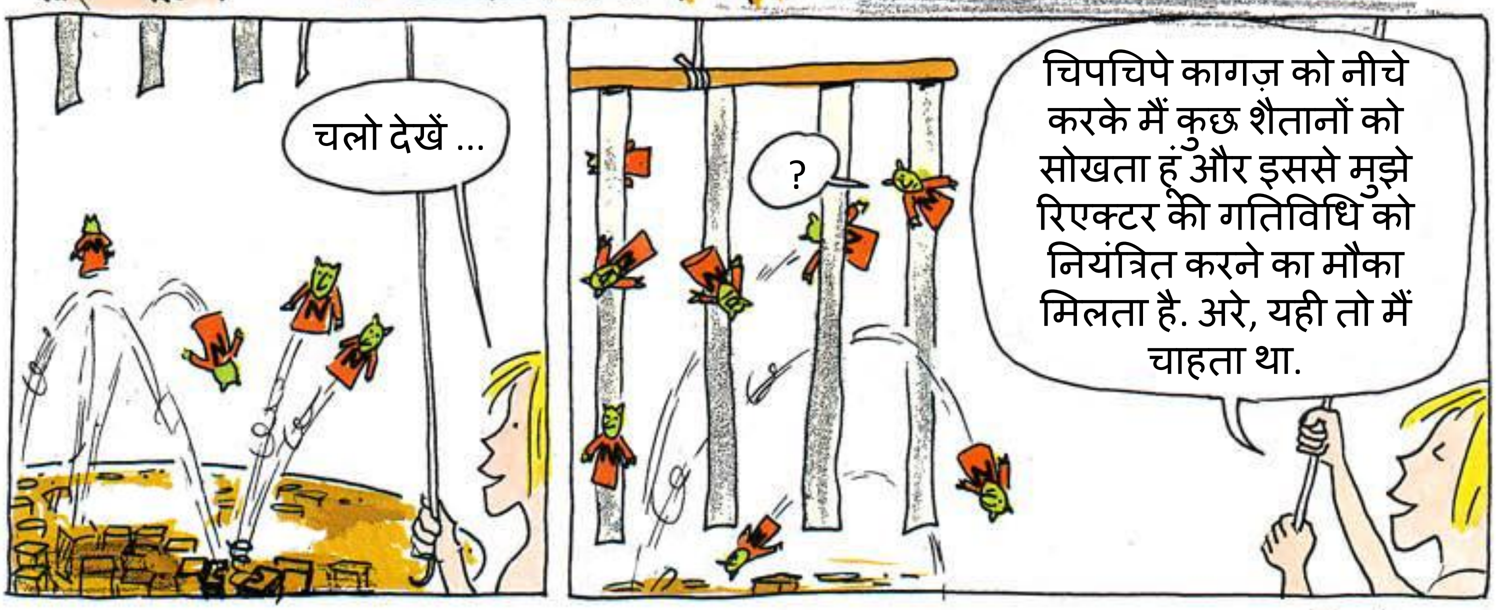


(*) आम तौर पर क्रिटिकल-मॉस (द्रव्यमान) के रूप में जाना जाता है.


वास्तव में, कमज़ोर प्राकृतिक रेडियोधर्मी उत्सर्जन स्तर और चेन-रिएक्शन के बीच, हम एक औसत पा सकते हैं. इस कठिन और नाज़ुक सघनता को समायोजित करके, हम प्रत्येक सेकंड मार करने वाले शैतानों की संख्या निश्चित कर सकते हैं जिसे हम ऊर्जा प्रवाह बुला सकते हैं.

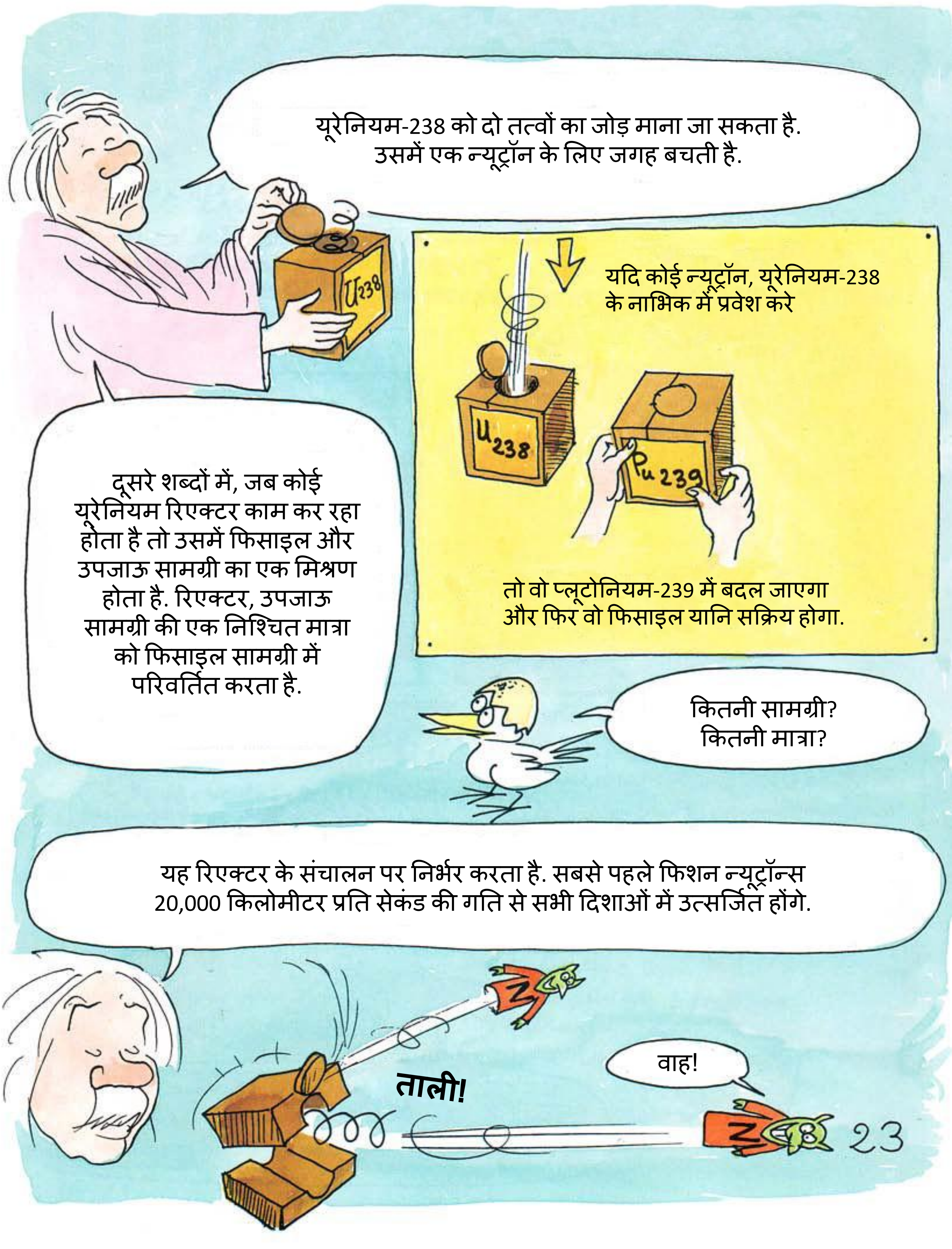
परमाणु रिऐक्टर


क्या इस प्रक्रिया को नियंत्रित करने का कोई बेहतर तरीका नहीं है?
हम उसमें कुछ ऐसी चीज़ डालें जो शैतानों को, और उनकी ऊर्जा को सोख ले.
यह तो चिपचिपा कागज़ है.


चलो देखें ...
?
चिपचिपे कागज़ को नीचे करके मैं कुछ शैतानों को सोखता हूं और इससे मुझे रिएक्टर की गतिविधि को नियंत्रित करने का मौका मिलता है. अरे, यही तो मैं चाहता था.


शैतानों को कुछ और कम करके आप चाहें तो रिएक्टर को व्यावहारिक रूप से बंद भी कर सकते हैं.
धीरे-धीरे करके सभी शैतान पकड़े जाते हैं. फिर चेन-रिएक्शन बंद हो जाता है.
फिर रेडियोधर्मी पदार्थ का "सामान्य" प्राकृतिक ऊर्जा उत्सर्जन ही बचेगा जो काफी कमजोर होगा.
इसलिए परमाणु रिऐक्टर बनाने के लिए आपको पर्याप्त मात्रा में भारी नाभिक जैसे यूरेनियम-235 या प्लूटोनियम-239 को जमा करना होगा. फिर हम रिएक्टर की गतिविधि को एक कवच से नियंत्रित करेंगे जो शैतानों को अवशोषित करेगा और वे होंगे - विखंडित (फिशन) न्यूट्रॉन.
संक्षेप में, यूरेनियम खनिज में केवल 0.7% यूरेनियम-235 (फिसाइल) यानि सक्रिय होता है. बाकी यूरेनियम-238 होता है, जो सक्रिय नहीं होता है.
अब हम न्यूट्रॉन्स को अवशोषित करने के लिए कैडमियम का उपयोग करेंगे.
क्योंकि प्लूटोनियम-239 प्रकृति में मौजूद ही नहीं होता है, इसलिए हम उसे रिएक्टर में उपयोग करने की बात सोच भी नहीं सकते.
हां ... आप सही कह रहे हैं.

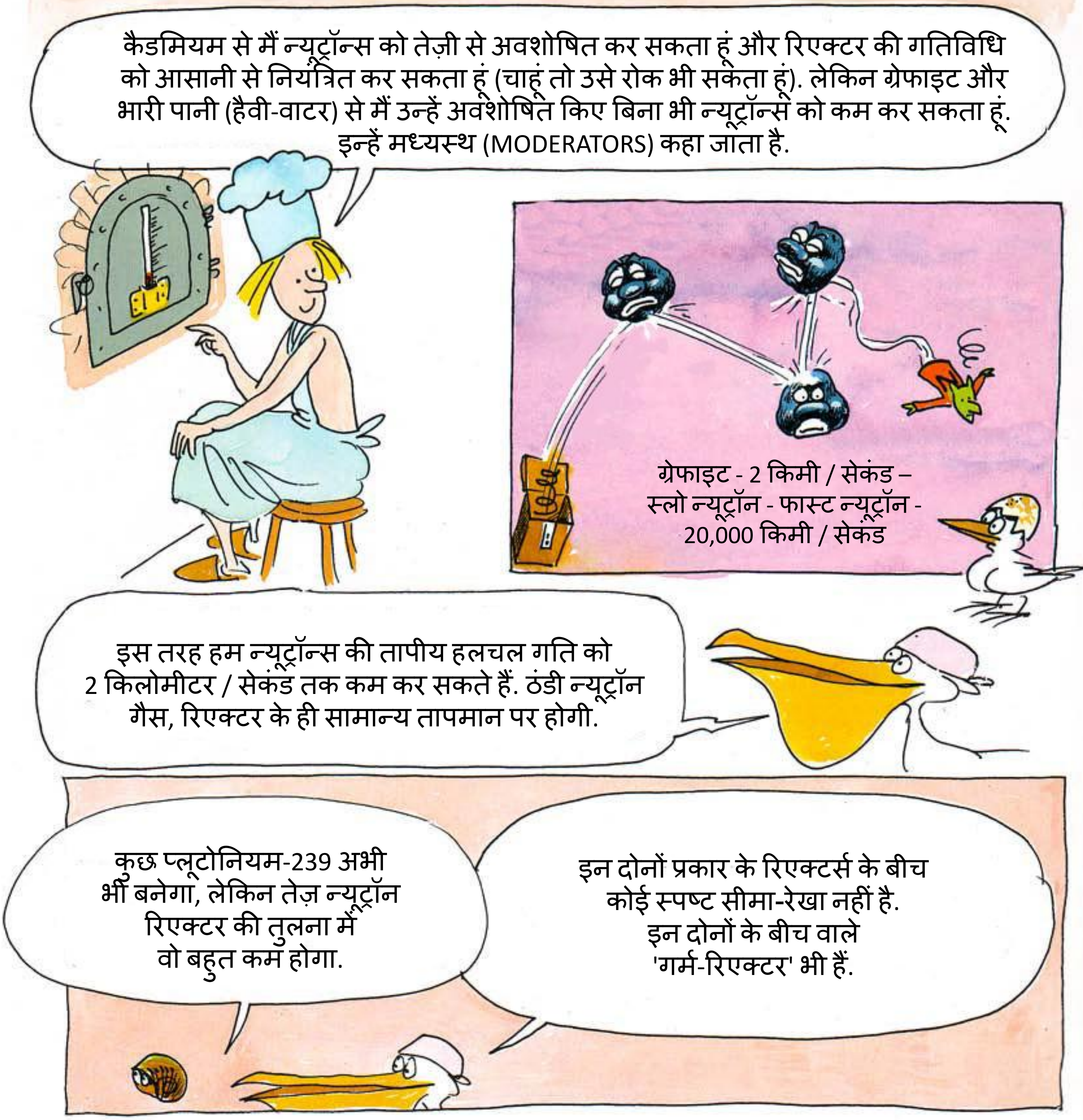
उपजाऊ सामग्री


यूरेनियम-238 को दो तत्वों का जोड़ माना जा सकता है. उसमें एक न्यूट्रॉन के लिए जगह बचती है.
U238
यदि कोई न्यूट्रॉन, यूरेनियम-238 के नाभिक में प्रवेश करे
U238
Pu 239
तो वो प्लूटोनियम-239 में बदल जाएगा और फिर वो फिसाइल यानि सक्रिय होगा.
दूसरे शब्दों में, जब कोई यूरेनियम रिएक्टर काम कर रहा होता है तो उसमें फिसाइल और उपजाऊ सामग्री का एक मिश्रण होता है. रिएक्टर, उपजाऊ सामग्री की एक निश्चित मात्रा को फिसाइल सामग्री में परिवर्तित करता है.
कितनी सामग्री? कितनी मात्रा?
यह रिएक्टर के संचालन पर निर्भर करता है. सबसे पहले फिशन न्यूट्रॉन्स 20,000 किलोमीटर प्रति सेकंड की गति से सभी दिशाओं में उत्सर्जित होंगे.
ताली!
वाह!

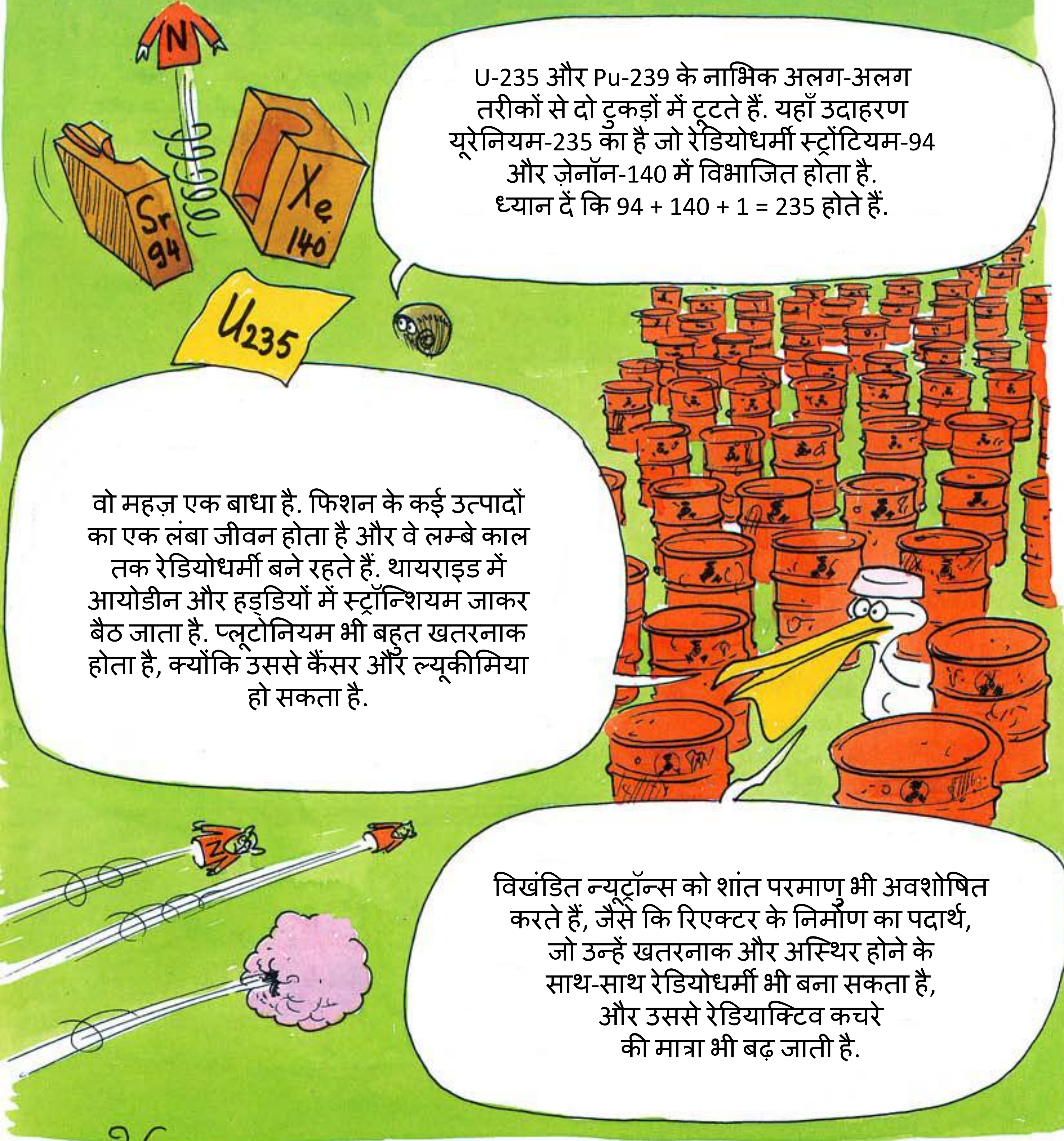
तेज़ गति का न्यूट्रॉन रिएक्टर



धीमी गति का न्यूट्रॉन रिएक्टर

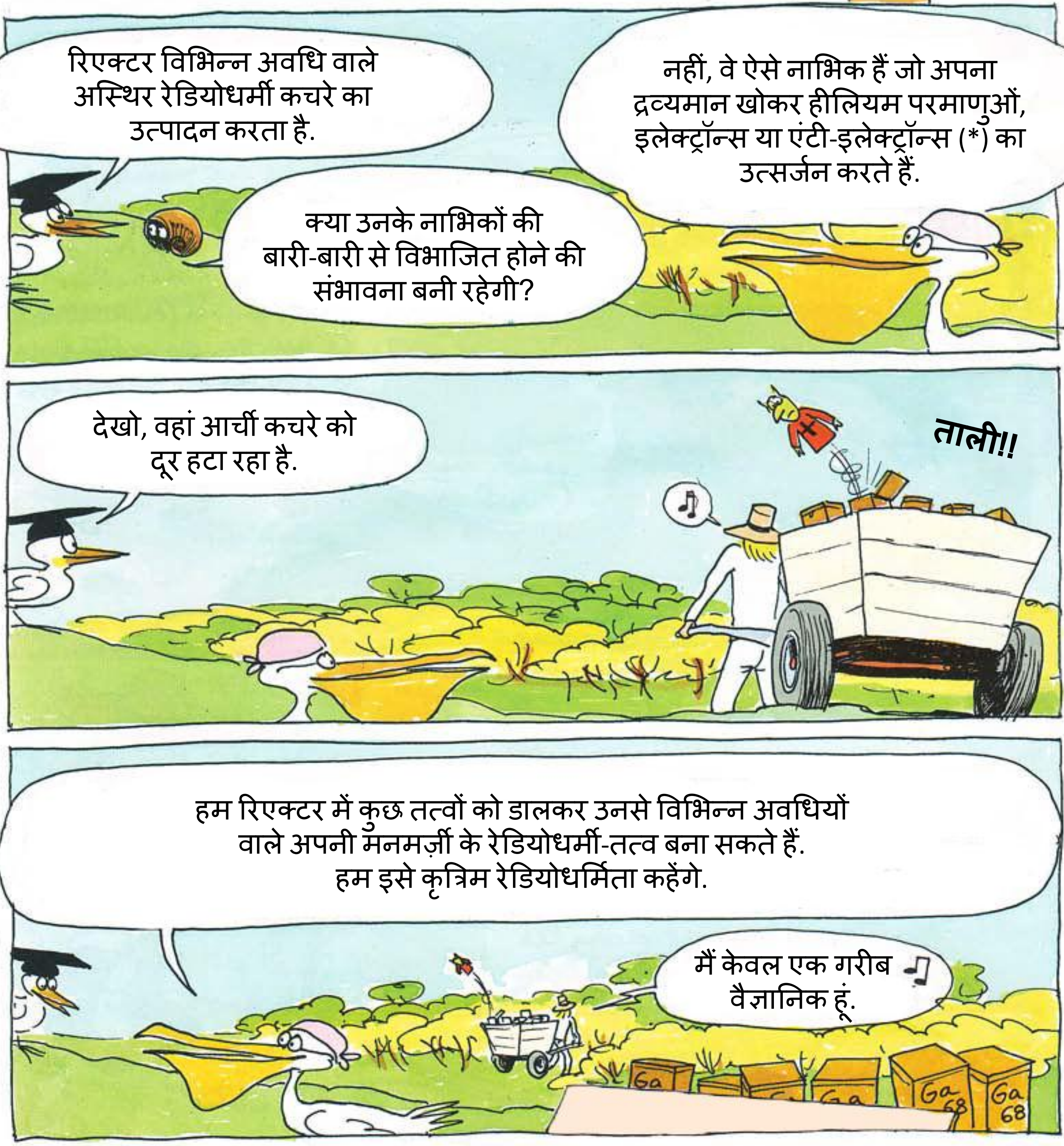


रेडियोधर्मी कचरा –
प्रेरित (इंडियूसिड) रेडियोधर्मिता

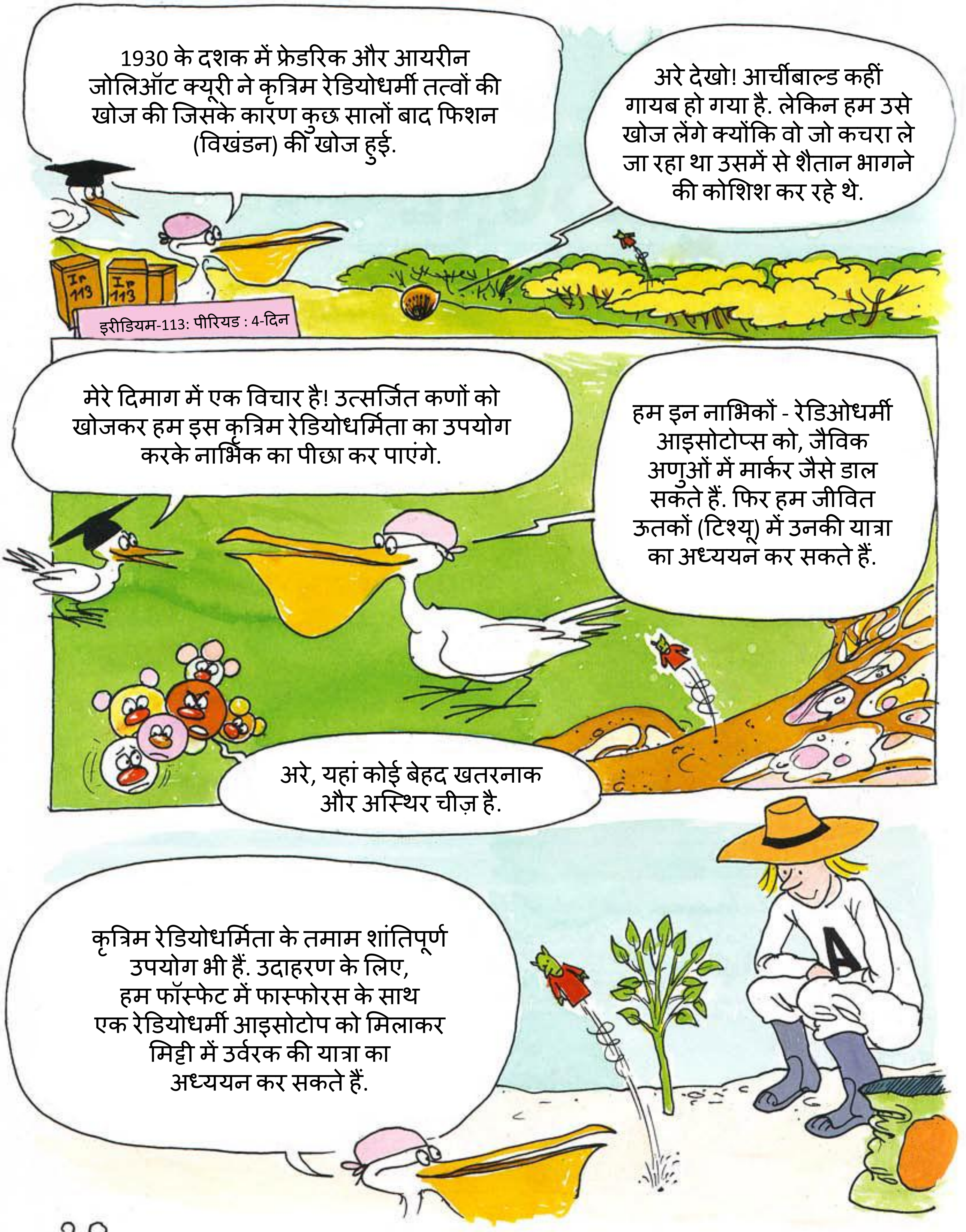


मनमर्ज़ी से बनाए गए रेडियोधर्मी-तत्व





(*) "अल्फा" या "बीटा" रेडियोधर्मिता.


1930 के दशक में फ्रेडरिक और आयरीन जोलिऑट क्यूरी ने कृत्रिम रेडियोधर्मी तत्वों की खोज की जिसके कारण कुछ सालों बाद फिशन (विखंडन) की खोज हुई.
अरे देखो! आर्चीबाल्ड कहीं गायब हो गया है. लेकिन हम उसे खोज लेंगे क्योंकि वो जो कचरा ले जा रहा था उसमें से शैतान भागने की कोशिश कर रहे थे.
Ir 113
इरीडियम-113: पीरियड : 4-दिन
मेरे दिमाग में एक विचार है! उत्सर्जित कणों को खोजकर हम इस कृत्रिम रेडियोधर्मिता का उपयोग करके नाभिक का पीछा कर पाएंगे.
हम इन नाभिकों - रेडिओधर्मी आइसोटोप्स को, जैविक अणुओं में मार्कर जैसे डाल सकते हैं. फिर हम जीवित ऊतकों (टिश्यू) में उनकी यात्रा का अध्ययन कर सकते हैं.
अरे, यहां कोई बेहद खतरनाक और अस्थिर चीज़ है.
कृत्रिम रेडियोधर्मिता के तमाम शांतिपूर्ण उपयोग भी हैं. उदाहरण के लिए, हम फॉस्फेट में फास्फोरस के साथ एक रेडियोधर्मी आइसोटोप को मिलाकर मिट्टी में उर्वरक की यात्रा का अध्ययन कर सकते हैं.
A

एटम-बम


परमाणु भौतिकी से आतिशबाजी विज्ञान में काफी प्रगति हुई है. अचानक दो भिन्न विखंडन सामग्रियों (U-235 और Pu-239) को एक विस्फोटक पदार्थ के साथ लाकर हम एक ऐसी क्रिटिकल परिस्थिति पैदा करते सकते हैं जिससे चेन-रिएक्शन शुरू हो जाए और जो देखने में भी सुन्दर लगे.
इन दोनों सामग्रियों को साथ लाकर मैं क्रिटिकल-मॉस प्राप्त करूंगा.
A
अब सभी प्रकार की शैतान बड़ी संख्या उत्सर्जित होंगे और तीव्र गर्मी पैदा होगी जिससे रेडियोधर्मी कचरा ऊपरी वायुमंडल में चढ़ेगा. लेकिन वो शायद अच्छा होगा क्योंकि उससे पड़ोसियों को भी लाभ होगा!
यदि आप खुशहाल आतिशबाजों के क्लब में शामिल होना चाहते हैं तो आपको शुद्ध फिसाइल सामग्री (100% U-235 या Pu-239) चाहिए होगी. इसे करने के दो तरीके हैं. या तो प्राकृतिक यूरेनियम को परिष्कृत करके शुद्ध बनाएं या फिर अपने पड़ोस के रिएक्टर को चालू करें और प्रत्येक चक्र के बाद उत्पन्न हुए Pu-239 को इकट्ठा करें.
वो आ रहा है, वो जल्द आ रहा है! ......

फ्यूजन



क्योंकि सूर्य एक बेहद गर्म पिंड हैं इसलिए उसमें बहुत सारा यूरेनियम होना ही चाहिए.
नहीं आर्ची, ऐसा नहीं है. रासायनिक प्रतिक्रियाओं को हम कुछ पदार्थों के मिश्रण से शुरू करते हैं, जैसे कि हाइड्रोजन और ऑक्सीजन.
लेकिन ... उसमें कुछ भी नहीं हो रहा है!
उसका कारण है कि उनका तापमान पर्याप्त नहीं है.
अब मिश्रण को गर्म करें.
फिर क्या हुआ!?
H_2O, पानी
कई ऐसी प्रतिक्रियाएं (रिएक्शंस) हैं जो ज़हरीले पदार्थों का उत्पादन किए बिना, प्रचुर मात्रा में ऊर्जा पैदा करती हैं.
अगर एक दिन हम उड़ने वाले विमानों में ईंधन के लिए हाइड्रोजन-ऑक्सीजन (तरल) के मिश्रण का उपयोग कर पाए तो फिर उनके एग्जॉस्ट में से सिर्फ बादल ही बाहर निकलेंगे!

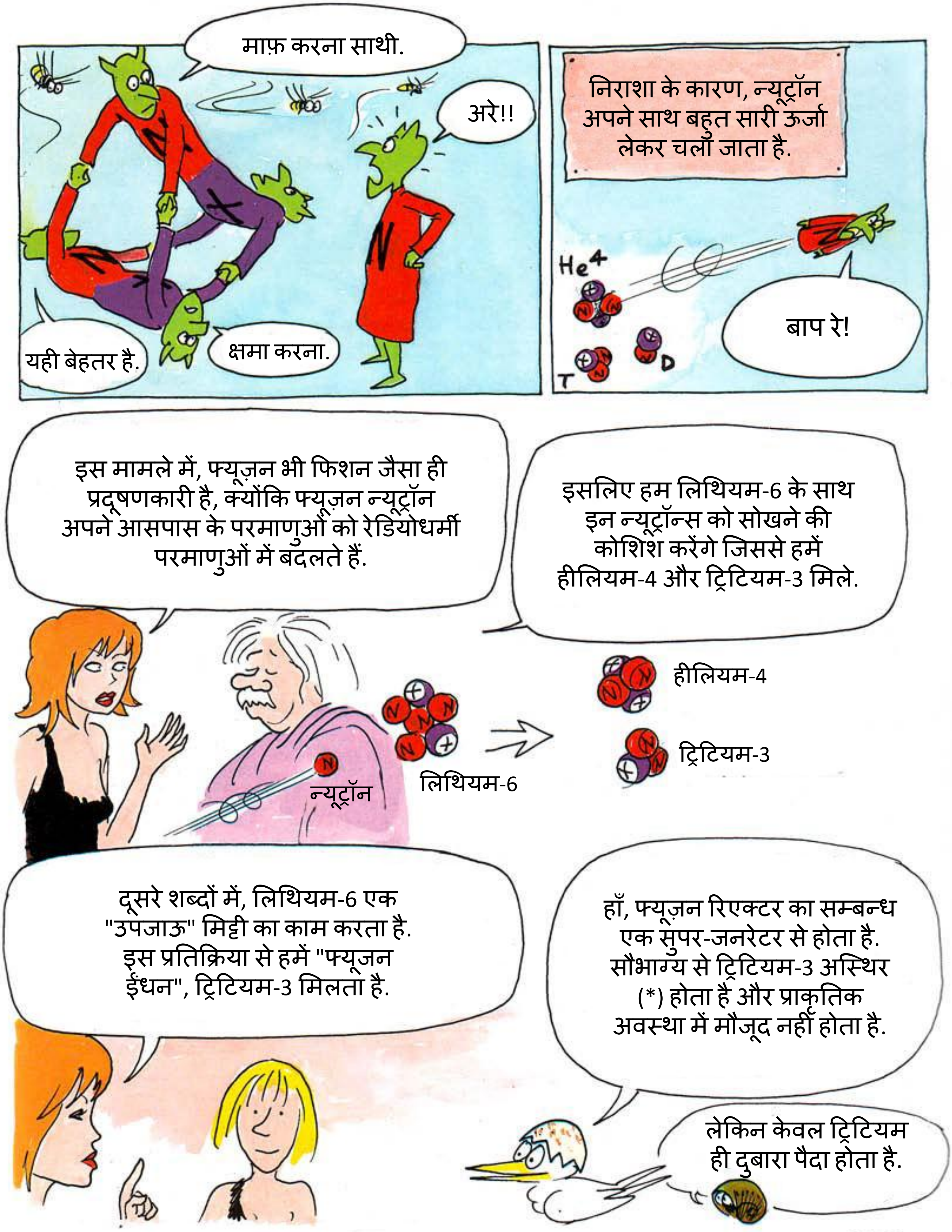


शायद हम एक दिन नाभिक-मिश्रण को "जला" भी पाएं.
तापमान को बहुत ऊंचा बढ़ाने पर ही यह संभव होगा.
हम ट्रिटियम के साथ ड्यूटेरियम की प्रतिक्रिया कर सकते हैं. यह दोनों अलग-अलग प्रकार के भारी हाइड्रोजन हैं (हाइड्रोजन नाभिक हल्का होता है, उसमें केवल एक प्रोटॉन P होता है). इन आइसोटोप्स के नाभिकों में सिर्फ न्यूट्रॉन की संख्या भिन्न होती है. ड्यूटेरियम और ट्रिटियम के मिश्रण से हमें हीलियम मिलती है.
शैतानों का नाच
यहां हैवी हाइड्रोजन गैस के मिश्रण में आधा ड्यूटेरियम और आधा ट्रिटियम है. सामान्य तापमान पर इलेक्ट्रॉन्स नाभिक के चारों ओर घूमते हैं और आणविक संपर्क सुनिश्चित करते हैं (नाभिक को जोड़कर).
ड्यूटेरियम परमाणु
ट्रिटियम परमाणु

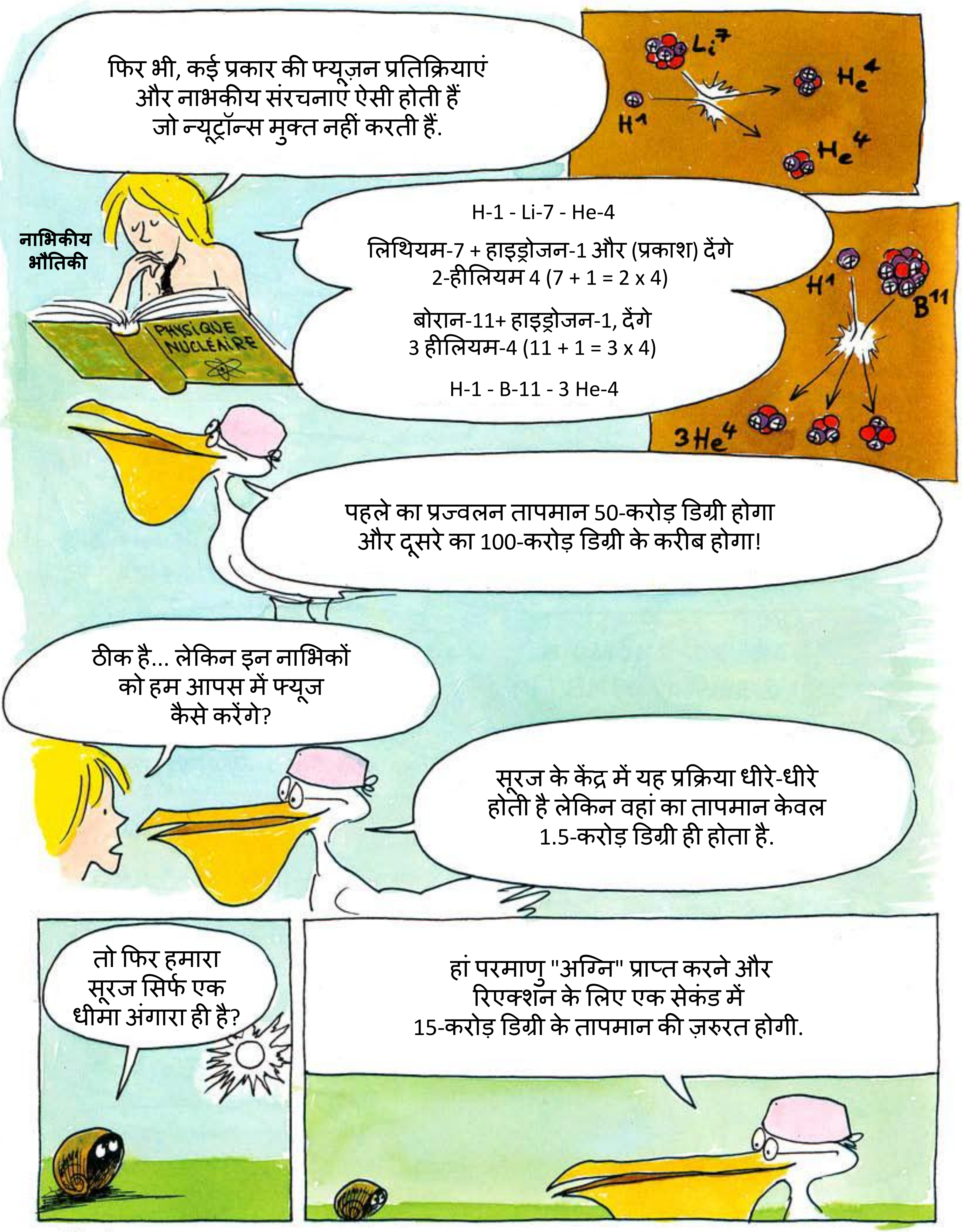


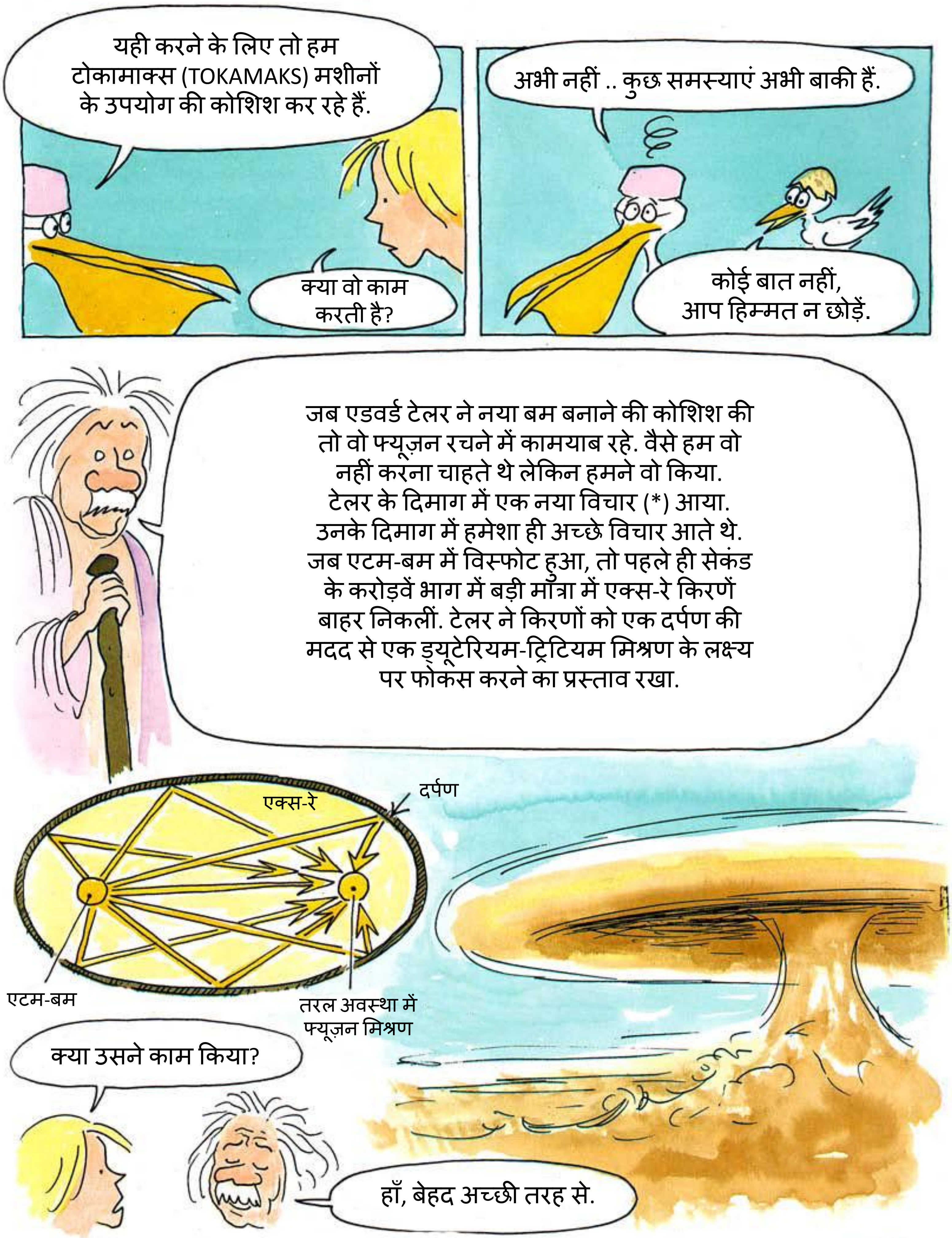
फिर गर्म गैस, नाभिकों और मुक्त इलेक्ट्रॉन्स का एक सूप बन जाएगी - एक गर्म प्लाज्मा.





(*) ट्रिटियम का अर्ध-जीवन केवल 12-वर्ष का होता है.


फिर भी, कई प्रकार की फ्यूज़न प्रतिक्रियाएं और नाभकीय संरचनाएं ऐसी होती हैं जो न्यूट्रॉन्स मुक्त नहीं करती हैं.
Li7
H1
He4
He4
नाभिकीय भौतिकी
PHYSIQUE NUCLÉAIRE
H-1 - Li-7 - He-4
लिथियम-7 + हाइड्रोजन-1 और (प्रकाश) देंगे 2-हीलियम 4 (7 + 1 = 2 x 4)
बोरान-11+ हाइड्रोजन-1, देंगे 3 हीलियम-4 (11 + 1 = 3 x 4)
H-1 - B-11 - 3 He-4
H1
B11
3He4
पहले का प्रज्वलन तापमान 50-करोड़ डिग्री होगा और दूसरे का 100-करोड़ डिग्री के करीब होगा!
ठीक है... लेकिन इन नाभिकों को हम आपस में फ्यूज कैसे करेंगे?
सूरज के केंद्र में यह प्रक्रिया धीरे-धीरे होती है लेकिन वहां का तापमान केवल 1.5-करोड़ डिग्री ही होता है.
तो फिर हमारा सूरज सिर्फ एक धीमा अंगारा ही है?
हां परमाणु "अग्नि" प्राप्त करने और रिएक्शन के लिए एक सेकंड में 15-करोड़ डिग्री के तापमान की ज़रुरत होगी.



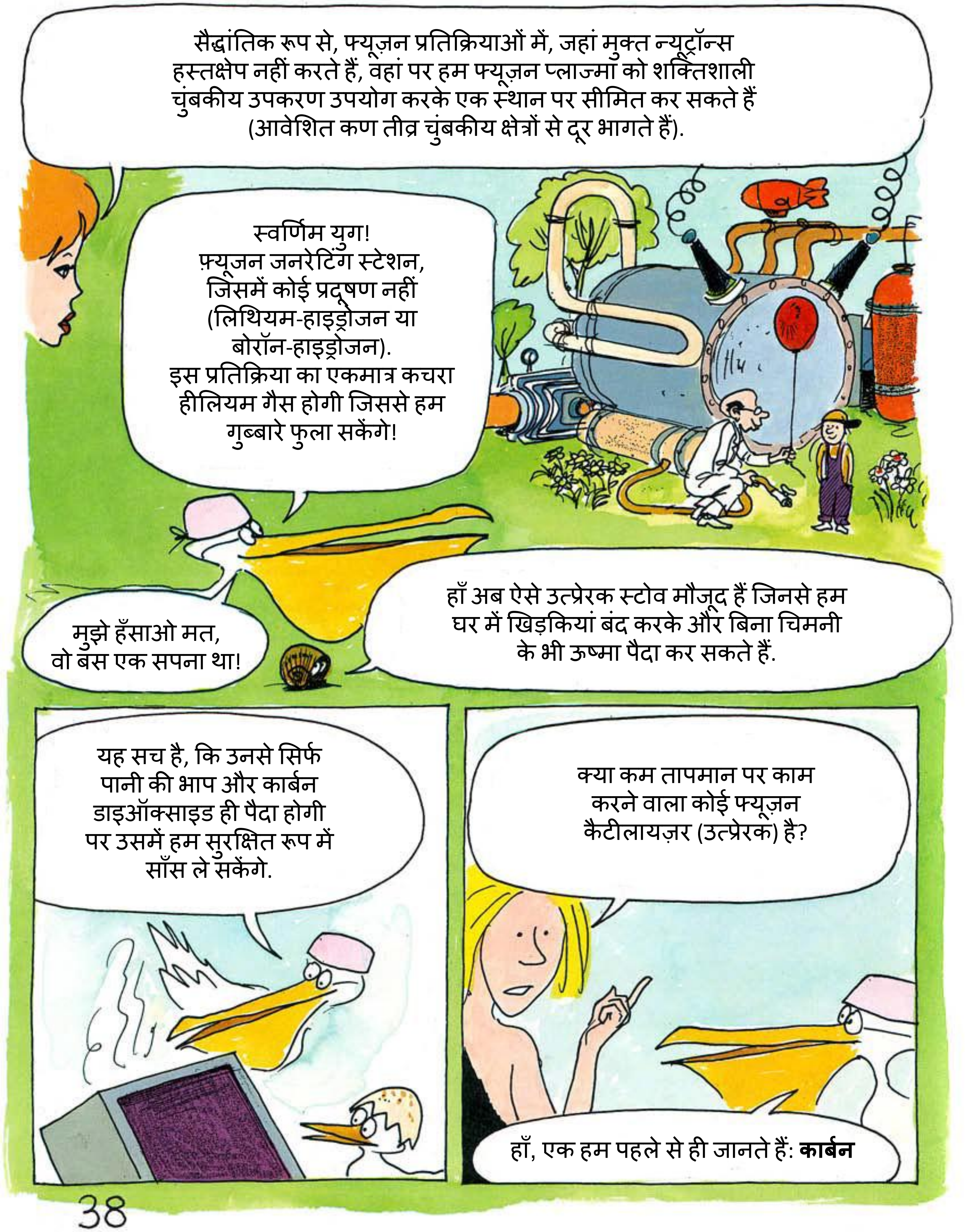
(*) युद्ध के दौरान लॉस आलमोस का शोधकर्ता एडवर्ड टेलर हॉलीवुड फिल्म "मैंने कैसे चिंता करना बंद की और बम से प्यार करना सीखा," में डॉक्टर स्ट्रेंजेलोव का रोल मॉडल था.


टेलर ने यूरेनियम-238 का दर्पण भी बनाया.
यूरेनियम-238 का ही क्यों?
ज़रा उसके बारे में सोचें. हाइड्रोजन-बम में विस्फोट हुआ. फ्यूजन से पैदा हुए न्यूट्रॉन्स ने उपजाऊ U-238 सामग्री पर हमला किया और उसे Pu-239 में बदला, जो तुरंत विखंडित हो गया.
वो एक भयानक फिशन-फ्यूजन-फिशन बम था.
ऊर्जा द्वारा संचालित फ्यूजन
चमड़ी काली!
फ्यूजन पैदा करने के लिए एक अन्य प्रयोग किया गया. इसमें ड्यूटेरियम-ट्रिटियम (तरल) मिश्रण पर तमाम ऊर्जा को अनेक रूपों में फेंका गया. इसमें विकिरण, शक्तिशाली लेज़र्स से निकले विभिन्न कण, एक्सेलरेटर से निकले इलेक्ट्रॉन्स और नाभिकों से फ्यूज़न पैदा करने का प्रयास किया गया. फ्यूज़न के लिए आवश्यक शक्ति अत्यधिक होती है. इस थर्मो-नुक्लीअर भट्टी में आग लगाने के लिए, फ्रांस के क्षेत्रफल जितने बड़े एक सौर दर्पण की ऊर्जा को (एक सेकंड के करोड़वें भाग के लिए) 1-मिमी व्यास के गोले पर केंद्रित करना होगा.
उससे जो क्षणिक पावर (ऊर्जा) मिलेगी वो बहुत अत्यधिक होगी लेकिन वैश्विक ऊर्जा का उपभोग काफी मामूली होगा: उसका परमाणु "तालमेल" कोई 200-ग्राम पाउडर के बराबर होगा.

अंतिम शब्द



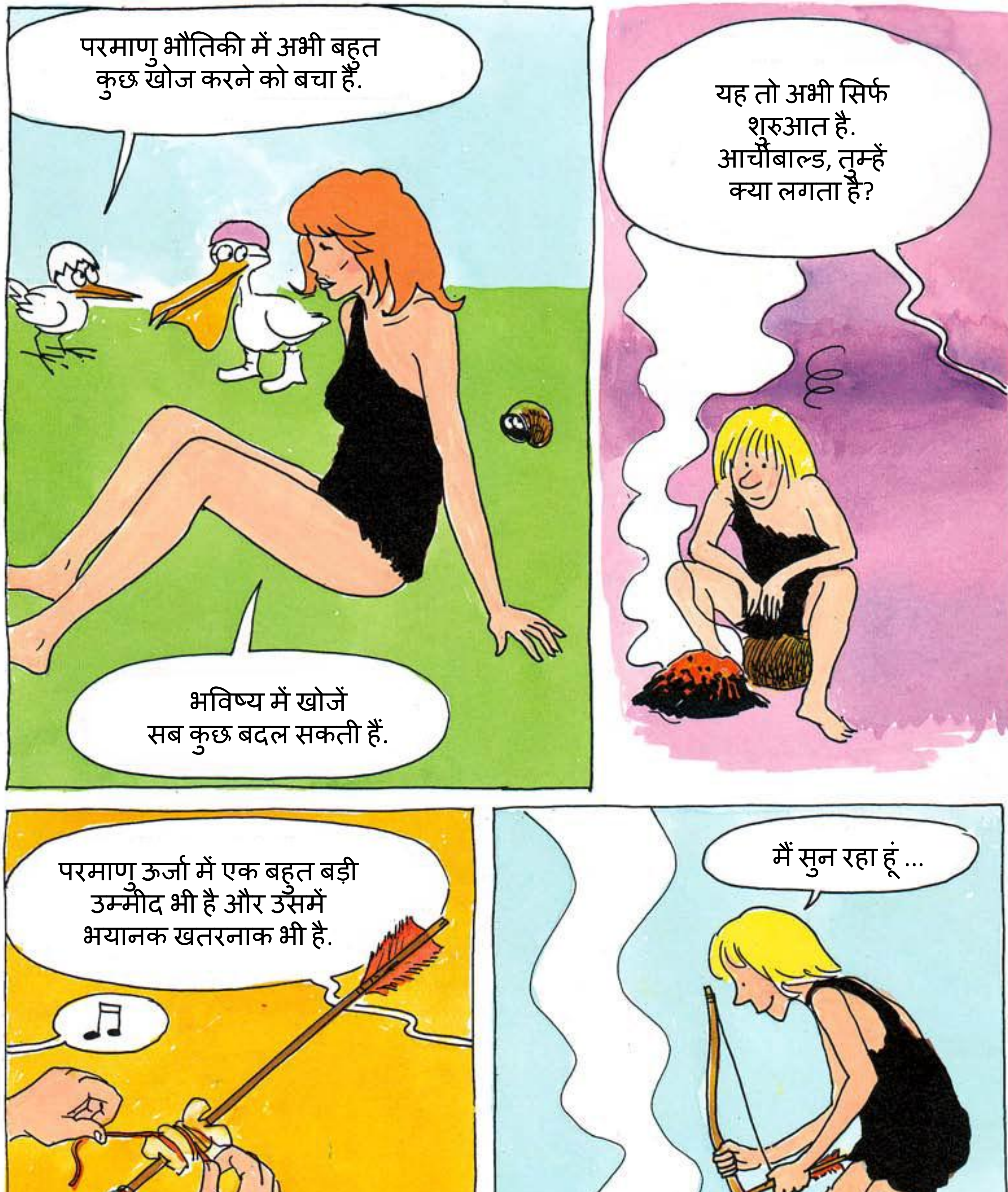
(*) परमाणु वैज्ञानिकों के ज़हन में एक छवि, जिसके अनुसार रिएक्टर एक तरफ से पृथ्वी में धँसेगा और फिर दूसरी तरफ से ... चीन में दिखाई देगा!



सैद्धांतिक रूप से, फ्यूज़न प्रतिक्रियाओं में, जहां मुक्त न्यूट्रॉन्स हस्तक्षेप नहीं करते हैं, वहां पर हम फ्यूज़न प्लाज्मा को शक्तिशाली चुंबकीय उपकरण उपयोग करके एक स्थान पर सीमित कर सकते हैं (आवेशित कण तीव्र चुंबकीय क्षेत्रों से दूर भागते हैं).
स्वर्णिम युग! फ़्यूजन जनरेटिंग स्टेशन, जिसमें कोई प्रदूषण नहीं (लिथियम-हाइड्रोजन या बोरॉन-हाइड्रोजन). इस प्रतिक्रिया का एकमात्र कचरा हीलियम गैस होगी जिससे हम गुब्बारे फुला सकेंगे!
मुझे हँसाओ मत, वो बस एक सपना था!
हाँ अब ऐसे उत्प्रेरक स्टोव मौजूद हैं जिनसे हम घर में खिड़कियां बंद करके और बिना चिमनी के भी ऊष्मा पैदा कर सकते हैं.
यह सच है, कि उनसे सिर्फ पानी की भाप और कार्बन डाइऑक्साइड ही पैदा होगी पर उसमें हम सुरक्षित रूप में साँस ले सकेंगे.
क्या कम तापमान पर काम करने वाला कोई फ्यूज़न कैटीलायज़र (उत्प्रेरक) है?
हाँ, एक हम पहले से ही जानते हैं: **कार्बन**


हमारा सूर्य फ्यूज़न पर कैसे काम करता है जबकि उसके केंद्रीय बॉयलर का तापमान सिर्फ 1.5-करोड़ डिग्री होता है, जो इग्निशन तापमान (15-करोड़ डिग्री) से दस गुना कम है?
कार्बन एक उत्प्रेरक (कैटेलिस्ट) का काम करता है. वो अलग-अलग चरणों में काफी जटिलता से हस्तक्षेप करता है. और प्रतिक्रिया के अंत में वो पुनर्जीवित हो जाता है. वो कार्बन-12 से शुरू होता है, फिर हाइड्रोजन-1 से मिलकर नाइट्रोजन-13 बनाता है. फिर नाइट्रोजन-13, नाइट्रोजन-15 में तब्दील होती है. अंत में नाइट्रोजन-15 + हाइड्रोजन-1 -> कार्बन-12 + हीलियम-4 (**बेथे-चक्र**).
लेकिन यह प्रतिक्रिया बहुत धीमी होती है (सूर्य को छोड़ दें, उसके पास बहुत समय है).
म्युओंस (Muons)
एक सरल विद्युत डिस्चार्ज के ज़रिए अणुओं पर इलेक्ट्रॉन्स की बमबारी करके हम एक ठंडे गैसीय मिश्रण के अंदर जटिल रासायनिक प्रतिक्रियाएं पैदा कर सकते हैं.
$2CH_4$ (मीथेन) + (विद्युत डिस्चार्ज) से हमें C_2H_2 (एसिटिलीन) + $3H_2$ मिलेगी.
किसी परमाणु में हम इलेक्ट्रॉन्स को म्युओंस (Muons) से बदल सकते हैं, ऐसे कण जो बड़े इलेक्ट्रॉन्स से मिलते-जुलते हैं और जो विभिन्न नाभिकों को एक साथ लाते हैं.
फिर हम एक "गुनगुने" फ्यूजन के मिश्रण पर म्युओंस (Muons) के साथ बमबारी क्यों न करें?


क्या वो काम करता है?
कोई परेशानी नहीं श्रीमान. हमें एक्सेलरेटर (त्वरक) में म्युऑंस बनाना आता है. जब वे ड्यूटेरियम और ट्रिटियम के नाभिकों से टकराते हैं तो उससे हीलियम बनती है. इसलिए यह फ्यूज़न प्रतिक्रिया है. लेकिन इस छोटे से विज्ञान के प्रयोग से शुरू करके (जो बस कुछ कणों तक ही सीमित होगी) औद्योगिक फ्यूज़न तक पहुँचने की यात्रा अभी काफी लम्बी है!!!
हम नाभिक के घूमने (स्पिंस) के साथ भी खेल सकते हैं. हम उन्हें बहुत धीमे नृत्य वाल्ट्ज की बजाए तेज़ नाच टैंगो नचवा सकते हैं. उससे टकराव अधिक प्रभावशाली होंगे.
चंद्रमा फीका मोतियों से जड़ा!
मुझे माफ करें!
... तुम सावधानी बरतो!
अच्छा आपने फिर से वही पुरानी कहानी दोहराई है.


परमाणु भौतिकी में अभी बहुत कुछ खोज करने को बचा है.
भविष्य में खोजें सब कुछ बदल सकती हैं.
यह तो अभी सिर्फ शुरुआत है. आर्चीबाल्ड, तुम्हें क्या लगता है?
परमाणु ऊर्जा में एक बहुत बड़ी उम्मीद भी है और उसमें भयानक खतरनाक भी है.
मैं सुन रहा हूं ...


मैं सर्वश्रेष्ठ हूँ!..
!...
बिल्कुल!
नहीं!
मैंने हमेशा ही कहा - कि आग का आविष्कार सबसे बड़ी गलती थी ...


प्रसन्न?
विज्ञान ... वाह!
यह ग्रह
कितना सुंदर है.
समाप्त